This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Journal

für

die Baukunst.

In zwanglosen Heften.

AVERY LIBRARY
NEW-YORK

Herausgegeben

von

Dr. A. L. Crelle,

Königlich-Preufsischem Geheimen-Ober-Baurathe, Mitgliede der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Correspondenten der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg und der Königlichen Akademieen der Wissenschaften zu Neapel und Brüssel, auswärtigem Mitgliede der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Stockholm, Ehrenmitgliede der Hamburger Gesellschaft zur Verbreitung der mathematischen Wissenschaften.

Zwei und zwanzigster Band.

In vier Heften.

Mit dreizehn Figurentafeln.

Berlin.

Bei G. Reimer.

1845.

Inhalt des zwei und zwanzigsten Bandes.

Erstes Heft.

1. Über die Mittel, welche angewendet werden, um die in Sand gegrabenen Theile des Ludwigcanals wasserdicht zu machen. Von Herrn Freih. *v. Peckmann*, Königl. Baierischem Geheimen-Ober-Baurath. (Fortsetzung der im 15ten Bande dieses Journals unter dem nemlichen Titel enthaltenen Abhandlung No. 8. S. 160 etc.) . . . . . Seite 1
2. Über die verschiedenen Arten, die Spannkraft der atmosphärischen Luft als bewegende Kraft auf Eisenbahnen zu benutzen, von welchen eine die der sogenannten atmosphärischen Eisenbahnen ist. Vom Herausgeber dieses Journals. (Fortsetzung des Aufsatzes No. 2. im ersten, No. 9. im zweiten und No. 17. im vierten Heft ein und zwanzigsten Bandes.) . . . — 15
3. Einfaches Verfahren in Holland, Pfähle unter Wasser ab- und Zapfen daran zu schneiden. . . . . — 76
4. Notiz über Wasser- und Gasröhren aus Glas. . . . . — 78
5. In England patentirte eiserne Fensterladen. Aus dem „Civil-Engineer and Arch. Journal" von 1844 S. 111. . . . . — 79
6. In England patentirter Vorschlag zur Vervollkommnung der Schornsteinröhren. Aus dem „Civil-Engineer and Arch. Journal" von 1844 S. 153. — 82
7. Zur Feuerfestigkeit der Gebäude. Schreiben des Herrn *Charles Dyer* an die Redaction des „Civil-Engineer and Arch. Journal," gedruckt im 5ten Bande dieser Zeitschrift S. 333. . . . . — 84
8. Über asphaltirte Strafsen. Von Herrn *de Coulaine*, ingénieur des ponts et chaussées. Aus der „Revue générale de l'architecture" des Herrn *Daly*, von 1843 S. 305. Mit Anmerkungen Desselben und des Herausgebers des gegenwärtigen Journals. . . . . — 87

Zweites Heft.

9. Übersicht der Geschichte der Baukunst, mit Rücksicht auf die allgemeine Culturgeschichte. Von Herrn Regierungs- und Baurath *C. A. Rosenthal* zu Magdeburg. (Fortsetzung der Abhandlung No. 2. im 1ten, No. 6. im 2ten, No. 8. im 3ten Hefte 13ten, No. 1. im 1ten, No. 7. im 2ten, No. 8. im 3ten, No. 12. im 4ten Hefte 14ten, No. 1. im 1ten, No. 9. im 2ten, No. 11. im 3ten, No. 15. im 4ten Hefte 15ten, No. 10. im 3ten Hefte 16ten, No. 3. im 1ten, No. 5. im 2ten, No. 10. im 3ten Hefte 17ten, No. 4. im 2ten Hefte 18ten und No. 2. im 1ten Hefte 20ten Bandes.) . . . . . — 97
10. Über die verschiedenen Arten, die Spannkraft der atmosphärischen Luft als bewegende Kraft auf Eisenbahnen zu benutzen, von welchen eine die der sogenannten atmosphärischen Eisenbahnen ist. Vom Herausgeber dieses Journals. (Fortsetzung des Aufsatzes No. 2. im ersten, No. 9. im zweiten, No. 17. im vierten Heft ein und zwanzigsten und No. 2. im ersten Hefte dieses Bandes.) . . . . . — 133
11. Einige Nachrichten von der beabsichtigten Strafsenverbindung des mittelländischen mit dem rothen Meere. . . . . — 174

Drittes Heft.

12. Einige Nachrichten von den Entwürfen zu einem Schiffahrts-Canal durch die Land-Enge von Panama. . . . . S. 201

13. Über die verschiedenen Arten, die Spannkraft der atmosphärischen Luft als bewegende Kraft auf Eisenbahnen zu benutzen, von welchen eine die der sogenannten atmosphärischen Eisenbahnen ist. Vom Herausgeber dieses Journals. (Fortsetzung des Aufsatzes No. 2. im ersten, No. 9. im zweiten, No. 17. im vierten Heft ein und zwanzigsten und No. 2. im ersten und No. 10. im zweiten Hefte dieses Bandes.) . . . . . — 227

14. Historisch-hydrographische Nachrichten von den Häfen und andern Schiffahrts-Anstalten Ostfrieslands bei der Stadt Emden und in den Emsmündungen, nebst practischen Vorschlägen zur Verbesserung des Fahrwassers, zur völligen Sicherung der Stadt und Umgegend gegen Zerstörung durch hohe Sturmfluthen, und zur Vermehrung der innern Entwässerungs-Anlagen des Binnenlandes zum Besten der Landwirthschaft. Von *D. Reinhold*, Königl. Hannöverschem Wasserbau-Inspector. (Fortsetzung der Abhandlung No. 1. im ersten, No. 8. im zweiten und No. 16. im vierten Hefte ein und zwanzigsten Bandes.) . . . . . — 276

Viertes Heft.

15. Einiges über Tunnels zu Eisenbahnen. (Aus dem Englischen.) . . . — 297

16. Einiges von Futtermauern statt der Erd-Böschungen tiefer Erd-Einschnitte. (Aus dem Englischen.) . . . . . — 308

17. Über die verschiednen Arten, die Spannkraft der atmosphärischen Luft als bewegende Kraft auf Eisenbahnen zu benutzen, von welchen eine die der sogenannten atmosphärischen Eisenbahnen ist. Vom Herausgeber dieses Journals. (Schluſs des Aufsatzes No. 2. im ersten, No. 9. im zweiten, No. 17. im vierten Hefte ein und zwanzigsten und No. 2. im ersten, No. 10. im zweiten, No. 13. im dritten Hefte dieses Bandes.) . . . . . — 321

18. Einige Nachrichten von den Entwürfen zu einem Schiffahrts-Canal durch die Land-Enge von Panama. (Fortsetzung des Aufsatzes No. 12. im vorig. Heft.) — 377

Einige wesentliche Druckfehler im zweiten Hefte dieses Bandes.

S. 177	Z. 7	v. o.	lese man: ehemals st. ebenfalls
- 178	- 16	v. o.	Aggeroud st. Aggerond und Ajeroud st. Ajerond
- 179	- 11	v. u.	war st. etwa
- —	- 18	v. u.	Arbeiter st. Arbeiten
- 180	- 17	v. u.	nach st. das
- 184	- 13	v. o.	das Land st. der Boden
- —	- 15	v. o.	in seiner grössten Höhe st. und seine grösste Höhe
- —	- 18	v. o.	der st. den
- —	- 19	v. o.	Sümpfe st. Sümpfen
- —	- 6	v. u.	Faramoh st. Faramah
- 183	- 1	v. o.	sollte „erhalten" gesperrt gedruckt sein.
- —	- 10	v. o.	lese man befürchten st. besänftigen
- 184	- 7	v. u.	sollte „etwas" gesperrt gedruckt sein.
- 185	- 8	v. o.	l. m. Ras el Moyeh st. Ras el Moyen
- —	- 13	v. o.	dann st. denn
- 186	- 10	v. o.	den See st. dem See
- 187	- 8	v. o.	Streifens st. Streifes
S. 188	Z. 11	v. o.	welcher st. Welchem
- 189	- 5	v. o.	muss „aber" wegfallen.
- —	- 8	v. u.	l. m. mannigfachen st. einfachen
- —	- 14	v. u.	aber st. eben
- 190	- 3	v. u.	trieben st. treiben
- 193	- 5	v. o.	nach st. in
- 195	- 14	v. u.	würden st. würde
- 196	- 11	v. o.	der Great-Britain st. das G. B.
- —	- 2	v. u.	2500 st. 250
- 197	- 7	v. o.	210 st. 110
- 198	- 4	v. o.	sei st. ist
- —	- 7	v. u.	Gewalt, diese st. Gewalt. Diese
- —	- 8	v. u.	Strasse st. Strassen
- 199	- 5	v. o.	welches st. welchem
- —	- 7	v. u.	Schleusensätze st. Schleusenvorsätze
- —	- 8	v. u.	hebe st. hebt
- —	- 9	v. u.	führe st. führt
- 200	- 5 u. 6	v. o.	meistens st. wenigstens.

1.

Über die Mittel, welche angewendet werden, um die in Sand gegrabenen Theile des Ludwigcanals wasserdicht zu machen.

(Von Herrn *Freih. v. Pechmann*, Königl. Baierischem Geheimen-Ober-Baurath.)

(Fortsetzung der im 15ten Bande dieses Journals unter dem nemlichen Titel enthaltenen Abhandlung No. 8. S. 160 etc.)

§. 29. *)

Ich habe bereits vor ungefähr vier Jahren in der unter obigem Titel im Bande XV. dieses Journals enthaltenen Abhandlung die in den Umgebungen von München gemachten Beobachtungen beschrieben, welche mich veranlafst haben, das mit Thon getrübte Wasser für das allen andern vorzuziehende Mittel zu halten, um Sandboden wasserdicht zu machen; so wie die Versuche, welche ich hierüber in Nürnberg, zuerst im Kleinen, dann im Gröfseren, in mehreren dieser Stadt nahe liegenden Canalhaltungen gemacht habe, und deren Erfolg meine wohlbegründete Meinung zur Überzeugung erhob. Dieser Erfolg war allerdings geeignet, auch in Andern diese Überzeugung hervorzubringen: doch mag er in den meisten Lesern jener Abhandlung noch manche Zweifel gegen die vollkommene Zweckmäfsigkeit meines Verfahrens zurückgelassen haben; denn jene Versuche konnten damals noch nicht so ununterbrochen und so lange fortgesetzt werden, dafs die Canalhaltungen, in welchen sie gemacht wurden, die möglicherweise erreichbare Wasserdichtigkeit hätten erlangen können. Auch war die Meinung, dafs ein in tiefen Sandboden zu grabender Canal mit Erfolg ausgeführt werden könne, wenn man sein Bett nicht mit einer hinlänglich dicken Schicht einer das Wasser besser haltenden Masse irgend einer Art bekleide, zu fest gewurzelt, als dafs ich hätte erwarten können, dafs sie so leicht aufgegeben werden würde. Hatte doch, als die Ausführung des Ludwigcanals beschlossen, aber noch nicht angefangen worden war, ein damals in München noch leben-

*) Die Nummern der Paragraphen sind eine Fortsetzung der im Bande XV. enthaltenen ersten Abtheilung. Die Citationen der §§. 1. bis 28. beziehen sich also auf diese Abtheilung.

der Hydrotekt von ehemals grofsem Rufe in einer Sr. M. dem Könige übergebenen Vorstellung ausführlich zu zeigen sich bemüht, dafs dieser Canal nach meinem Plane nicht ausgeführt werden könne, weil er gröfstentheils in Sand gegraben werden müsse, in welchen das hineingeleitete Wasser versiegen, und ihn leer zurücklassen werde. Als die Vorstellung nach einem darüber von Sachverständigen eingeholten Gutachten stillschweigend zu den Acten gelegt worden war, legte der Verfasser seine Ansichten dem Publicum in einer kleinen, von ihm sorgfältig verbreiteten Druckschrift vor. Ich führe diesen Umstand hier an, weil diese Druckschrift bei Vielen, auch bis jetzt noch, Glauben fand. Aber auch viele Baubeamten bezweifelten die Zweckmäfsigkeit meines Verfahrens; daher die Versuche, welche ich §. 27. angeführt habe und nach welchen man in der Folge mehrere Canalhaltungen mit dem Aufwande von vielen Tausenden zu verdichten sich bestrebte, und zwar mit vergeblichem Erfolge, den ich vorausgesehen und vorausgesagt hatte, denn sie mufsten alle erst nach meiner Weise mit getrübtem Wasser verdichtet werden. Jetzt ist der Erfolg meiner Verdichtungsweise schneller und vollkommner als ich erwartet hatte eingetreten, und ich glaube nunmehr ihn öffentlich bekannt machen zu müssen, da er für die Kunst schiffbare Canäle zu bauen ungemein wichtig ist und als eine Erweiterung derselben betrachtet werden kann. Ehe ich aber zur Darstellung desselben schreite, ist es nothwendig, die Sandstrecken, durch welche der Canal gegraben werden mufste, ihre Ausdehnung und die Beschaffenheit derselben zu beschreiben.

§. 30.

Das südliche Ende der mehr als 82 000 Fufs langen, gröfstentheils in Thonschiefer und Thon-Erde gegrabenen Theilungshaltung des Canals ist in einer Länge von ungefähr 16 000 Fufs in tiefem Sandboden ausgegraben, und zwar etwa 10 000 Fufs derselben bis zu einer Tiefe von 20 bis 37 Fufs. Dieser Sand ist so fein und leicht, dafs er von den zu beiden Seiten des Canals davon aufgeworfenen Hügeln vom Winde aufgehoben und in den Canal zurückgeworfen werden konnte. Über dieses ist er so rein und frei von irgend einer Vermengung mit Thon oder anderer Erde, dafs er, da wo er des eindringenden Wassers wegen in demselben ausgegraben werden mufste, es kaum zu trüben vermochte. Dieser Sandboden setzt sich noch weit abwärts längs dem Canale fort. Die nächsten Canalhaltungen, die in einer Länge von 15 000 Fufs in diesem Sande ausgegraben sind, erhalten nicht den geringsten Zufluſs von

Wasser, und müssen ganz allein mit dem, welches aus der Theilungshaltung herabkommt, gefüllt werden. Die nächstfolgenden Haltungen, bis in die Gegend des Weilers Wegscheid, sind, eine kurze in Thonschiefer gegrabene Strecke ausgenommen, in einer Länge von nahe an 30 000 Fufs in ähnlichem Sandboden ausgegraben, erhalten aber einige Zuflüsse, welche da, wo sie in den Canal aufgenommen werden, oder als Quellen im Canalbette selbst hervordringen, nicht ganz unbedeutend zu sein scheinen, werden indessen bei trockner Witterung, weil ihr Wassergehalt sich dann sehr vermindert, oder zum Theil auch ganz versiegt, nur so eben hinreichen, um den, theils in diesen, theils in den nächstfolgenden Canalhaltungen durch Versickerung und Verdunstung stattfindenden unvermeidlichen Verlust zu ersetzen; denn von der letzten Haltung, in der Nähe des Weilers Wegscheid, bis zur nächsten, welche wieder eigenen, zureichenden und nie versiegenden Wasserzufluſs hat, ist eine Entfernung von mehr als 37 000 Fufs. Auch diese Canalstrecke ist gröfstentheils in Sand gegraben. Sie haben folglich die Versickerung und Verdunstung einer Canallänge von mehr als drei deutschen Meilen zu decken.

§. 31.

Von dem nördlichen Ende der Theilungshaltung bis zum Übergange des Canals über die Schwarzach ist eine Entfernung von nahe an 32 000 Fufs. Diese ganze Reihe von Canalhaltungen sind, die ersten drei, in Thonboden gegrabenen, nur 3000 Fufs langen Strecken ausgenommen, alle in Sandboden gegraben, und nur an wenigen Stellen wurde mit der Sohle des Canals Thon-Erde erreicht, welche ich ausgraben und so weit sie reichte auf die Sohle der übrigen Haltungen verbreiten liefs, um, wenn der Canal mit Wasser gefüllt werden würde, sie aufrühren und das Wasser damit trüben zu können. Diese ganze Canalstrecke erhält nur an ihrem Ende einen unbedeutenden Wasserzufluſs, der kaum hinreichend ist, die Versickerung in den nächsten, zusammen über 8000 Fufs langen und ganz in Sandboden gegrabenen Canalhaltungen zwischen der Schwarzach und dem Geuchsbach zu decken. Ich liefs, da diese letzten Canalhaltungen ganz in reinen Sandboden ausgegraben sind und Thon-Erde in demselben nirgends erreicht wurde, eine ansehnliche Menge derselben aus einiger Entfernung herbeiführen und auf die Canalsohle verbreiten, um zu seiner Zeit das Wasser darin trüben zu können.

Ich mufs meine Leser bitten, den in diesen beiden Paragraphen beschriebenen Canalhaltungen vorzugsweise ihre Aufmerksamkeit zu schenken,

denn sie sind, wie wir bald sehen werden, in Hinsicht auf die schnell und vollkommen bewirkte Verdichtung des Canalbettes, die merkwürdigsten.

§. 32.

Es folgt nun die über 68 000 Fufs lange Canalstrecke bis an die Pegnitz unterhalb Nürnberg. Es ist die nemliche, in welcher die Versuche gemacht wurden, die ich in der im Bande XV. dieses Journals enthaltenen Abhandlung beschrieben habe. Sie ist, die wenigen und kurzen Stellen ausgenommen, in welchen die Canalsohle den Thonboden erreichte, und welche den Stoff zum Trüben des Wassers gaben, durchaus in tiefen, und zwar an vielen Stellen in grobkörnigen Sand, welcher dem Wasser um so leichter den Durchgang gestattet, gegraben. Jenseits der Pegnitz ist der Canal ungefähr 20 000 Fufs weit in Thonboden gegraben; dann folgt wieder Sandboden, der beinahe ohne Unterbrechung in einer Länge von ungefähr 30 000 Fufs bis Erlangen fortgeht. Nach einer ungefähr 2000 Fufs langen Strecke sehr dichten Thonbodens, in welchen bei Erlangen der Canal gegraben ist, erreicht dieser die Stelle, an welcher er Wasser aus der Regnitz empfängt, und von wo an bis oberhalb Bamberg, wo der Canal in die Regnitz tritt, wegen Überflufs an Wasser, das ihm aus diesem Flusse zugeführt werden kann, kein Mangel an selben mehr zu befürchten ist: doch will ich noch anführen, dafs von der zwei Meilen langen Canalstrecke zwischen Erlangen und Vorchheim eine Länge von ungefähr 40 000 Fufs, und von der übrigen, von Vorchheim bis Bamberg sich ausdehnenden, über 70 000 Fufs langen Canalstrecke noch ungefähr ein Drittheil, beiläufig 24 000 Fufs, ebenfalls in Sand gegraben ist.

Wenn wir nun die angeführten, durch Sandboden gegrabenen Canalstrecken zusammenzählen, so erhalten wir eine Länge von ungefähr 297 000 Fufs oder nahe an 12 deutschen Meilen, d. i. zwei Drittheile des von der Altmühl bis in die Regnitz ungefähr achtzehn deutsche Meilen langen Canals: eine Länge, welche Leute, die die Schwierigkeiten, einen in Sandboden gegrabenen Canal gehörig wasserdicht zu machen, für gröfser als sie sind, oder wohl gar für unüberwindlich halten, allerdings beunruhigen konnte.

§. 33.

Ehe ich zur Darstellung des ähnlichen Erfolges meiner Verdichtungsweise übergehe, wird es zweckmäfsig sein, zuerst den Betrag der Versickerung, welcher nach erreichter möglicher Verdichtung des Canalbettes nach meiner

Berechnung noch als unabwendbar übrig bleiben würde, anzugeben. Er ist in meinem Entwurfe des Canals zur Verbindung der Donau mit dem Main, in §. 41. angegeben. Leider sind in der Litteratur des Canalbaues befriedigende Angaben über den Betrag der Versickerung und Verdunstung in Canälen sehr selten, und wir haben sie beinahe nur von dem Canale von Languedoc; nach Beobachtungen, die ungefähr erst ein Jahrhundert nach seiner Vollendung, als er längst wasserdicht geworden war, an demselben gemacht worden sind. Nach den Ergebnissen derselben habe ich sie für den Ludwigcanal, mit Berücksichtigung der in Deutschland kürzeren Schiffahrtszeit als im südlichen Frankreich, der geringeren Tiefe des Canals, der an jenem Canale mit Wasser bedeckten und mit Wasserpflanzen besetzten Bermen, welche sehr vieles Wasser verzehren, und der in einem wärmern Himmelsstriche gröfsern Verdunstung, auf die zweifache, in dem Canale enthaltene Wassermasse während des Schiffahrtsjahres von 240 Tagen berechnet. Ich hielt dieses nur für die Theilungshaltung und die an dieselbe grenzenden Canalhaltungen, welche nur von dieser Wasser erhalten können, für nothwendig, aber nicht für die übrigen Theile des Canals, weil die Verdunstung und Versickerung in denselben durch neue Zuflüsse hinlänglich gedeckt ist. Die Länge jener Haltungen, welche allein aus der Theilungshaltung Wasser erhalten können, beträgt, mit dieser, 125 000 Fufs, und die Verdunstung und Versickerung in denselben, wenn sie ihr Minimum erreicht haben wird, 2,65 Cubikfufs in der Secunde. Im ganzen Canale würde sie für die 25 400 Fufs betragende Länge einer deutschen Meile 46 566 Cubikfufs in einem Tage, 1940 Cubikfufs in einer Stunde und 0,55 Cubikfufs in der Secunde betragen. Es versteht sich übrigens von selbst, dafs ich nicht bestimmen konnte, wann dieses Minimum erreicht sein würde, und ich mufste stillschweigend voraussetzen, dafs bis dahin vielleicht zwei bis drei Jahre nach der Eröffnung des Canals vorübergehen könnten.

§. 34.

Aber, war auch dafür gesorgt, dafs es dem Canale bis dahin nicht an Wasser fehlen könne, wenn während dieser Zeit die Versickerung und Verdunstung mehrmals so viel als jenes Minimum betragen würde? Wir wollen sehen.

In §. 45. des angeführten Entwurfs ist die Wassermenge angegeben, welche für die Füllung des Canals und den Betrieb der Schiffahrt auf demselben zu Gebot steht. Sie ist nach Beobachtungen bestimmt, welche einige Jahre vor dem Anfange des Canalbaues gemacht wurden, und ich habe der

Sicherheit wegen die Verminderung dieser Wassermenge, welche in noch trocknern Sommern eintreten könnte, zu einem Viertheile der gefundenen Wassermenge angenommen, wonach noch 17½ Cubikfufs für die Secunde übrig blieben. Ich habe in diesem nemlichen Paragraph gezeigt, dafs wenn auch während des Schiffahrtsjahres eine Centnerzahl, deren Gröfse kaum wahrscheinlich ist, durch die Theilungshaltung geführt würde, doch kein Wassermangel zu befürchten sein könne: allein in dem ungemein trocknen Sommer von 1836 zeigte sich, dafs die Verminderung von einem Viertheile der gefundenen Wassermasse zu gering angenommen sei, und dafs sie wohl die Hälfte betragen könne. Diese Schwierigkeit wurde durch die schon vorher aus andern Gründen beschlofsne Aufnahme der in jenem Paragraphen angeführten vordern Schwarzach, statt der Sulz, oder, wie sie an ihrem Ursprunge genannt wird, des Wipfelsbaches, entfernt; und dieses allein wäre hinreichend gewesen, jedem möglichen Wassermangel vorzubeugen. Allein, als der nahe tiefe Einschnitt durch das Seitzermoos, den ich schon §. 30. erwähnt habe, ausgeführt wurde, fand der Wipfelsbach, da er dort höher als der Canal liegt, durch den Sandboden seinen Weg in denselben und versiegte; das Seitzermoos vertrocknete, indem die Quellen, die es im Sumpfzustande erhielten, ebenfalls in den Canal sanken; und auf diese Weise erhielt die Theilungshaltung einen so reichlichen Zufluſs an Wasser, dafs, hätte die anfängliche Versickerung sich auch niemals vermindert, nie ein Wassermangel zu besorgen gewesen wäre.

§. 35.

Ehe ich zur Darstellung der Ergebnisse der regelmäfsigen, ununterbrochenen und bis zum Ziele geführten Anwendung meiner Verdichtungsweise übergehe, will ich vorher noch einige Beobachtungen anführen, welche ich bei den frühern Verdichtungs-Arbeiten zu machen Gelegenheit hatte.

Der Canal zwischen Nürnberg und Erlangen enthält zwei für die Verdichtung desselben merkwürdige Stellen. Bei dem Dorfe Eltersdorf, anderthalb Stunden oberhalb Erlangen, und bei dieser Stadt selbst, mufste der Canal in ansehnlicher Länge über den umliegenden Boden *erhöht* werden, so dafs sein Wasserspiegel um ungefähr 12 Fufs höher als der Boden liegt. Das Canalbett wird an diesen Stellen von hohen Uferdämmen gebildet. Bei Eltersdorf sind dieselben aus blofsem Sande aufgeführt. Als hier Wasser in den Canal geleitet wurde, drang es, als es noch kaum die Hälfte seiner Höhe, d. i. 5 bis 6 Fufs erreicht hatte, in grofser Menge durch die Uferdämme auf die umlie-

genden Felder und verursachte an der äufsern Böschung des linkseitigen oder westlichen Dammes eine Abrutschung. Der Ingenieur, welcher diese Arbeiten auszuführen hatte, dadurch beunruhigt und einen Dammbruch befürchtend, liefs die abgerutschte Böschung so schnell als möglich ergänzen und ihren Fufs mit einem Pflaster befestigen. Ich konnte diesen Eifer nur billigen; aber nicht das Pflaster; denn gegen den von innen herauswirkenden Druck konnte es nicht schützen. Jedoch als das zwischen diese hohen Uferdämme fliefsende Wasser getrübt wurde, verminderten sich die Durchsickerungen binnen wenigen Tagen in so weit, dafs keine schlimme Wirkung mehr davon zu besorgen war.

§. 36.

Längs der Stadt Erlangen ist der Canal über Wiesen in der im vorigen Paragraph angeführten Höhe des Wasserspiegels von wenigstens 12 Fufs geführt. Mehr als die Hälfte seiner Länge liegt ebenfalls zwischen aus blofsem Sande aufgeführten Dämmen; die Dämme des übrigen Theils aber bestehen aus fester Thon-Erde. Ich liefs, ehe jener Theil angefangen wurde, in der ganzen Breite, welche hier der Canal mit seinen Dämmen einnimmt, die obere, zwar ebenfalls gröfstentheils aus Sand bestehende, aber mit vielem, wahrscheinlich von den Überschwemmungen der Regnitz niedergelegten Thon vermengte Schicht abheben, in der Mitte aufhäufen und damit die Uferdämme, so wie sie sich ihrer Vollendung näherten, auf der innern Seite bekleiden. Diese Erdschicht, obwohl um vieles wasserhaltender als blofser Sand, konnte jedoch nicht hindern, dafs das Wasser, sobald diese Canalstrecke gefüllt wurde, allenthalben in grofser Menge durchdrang und die anliegenden Wiesen überschwemmte. In der oberhalb liegenden Canalhaltung wurde auf eine Länge von ungefähr 1000 Fufs bei der Ausgrabung derselben eine feste Thonlage erreicht. Ich liefs diese, etwa einen halben Fufs hohe Schicht zwar aufhacken, aber nicht herauswerfen, um sie, wenn Wasser dahin geleitet werden würde, aufrühren, und sie in die untere, bis zu 12 Fufs tiefe Canalhaltung schwemmen zu können. Auf diese Weise wurde diese mit vollkommen durch Thon getrübtem Wasser gefüllt; die Durchsickerungen verminderten sich binnen wenigen Tagen so sehr, dafs die anliegenden Wiesen trocken wurden, und noch vor Eintritt des Winters zeigten sich diese Dämme vollkommen wasserdicht.

§. 37.

Die 28 000 Fufs lange Canalhaltung, welche von Erlangen bis Baiersdorf, und noch eine Viertelstunde über dieses Städtchen hinausreichte, wurde schon in den Jahren 1837 und 1838 ausgegraben. Sie mufste von Erlangen an über eine Stunde weit durch einen ziemlich hohen Damm gegen die Überschwemmungen der Regnitz geschützt werden. Der Canal war bis nahe an Baiersdorf ausgegraben, als es nothwendig wurde, die für die Fortsetzung jenes Dammes noch fehlende Erde von oben herab aus der Nähe von Erlangen herbeizuführen. Die Unternehmer dieser Arbeit hielten es für vortheilhaft, diese Erde auf dem Canale selbst herbeizubringen. Da die Sohle des Canals hier tiefer liegt, als die um wenige Klafter entfernte Regnitz, und eben darum aus ihr reichliche Quellen hervordrangen, so konnten sie ihn hier leicht 3 Fufs hoch mit Wasser füllen. Ich kam am Morgen, nachdem dieses geschehen war, auf einer Reise nach Bamberg dahin, und bemerkte, dafs eine halbe Stunde oberhalb Baiersdorf durch das westliche sandige Ufer des Canals in einer ziemlich langen Strecke so vieles Wasser drang, dafs es die nahe liegenden Wiesen überschwemmte und ich lebhafte Klagen der Eigenthümer derselben und Entschädigungs-Ansprüche erwartete. Ich setzte meinen Weg nach Bamberg fort und kehrte am Morgen des zweiten Tages wieder nach Erlangen zurück. Ich sah nun zu meiner Verwunderung, dafs kein Wasser mehr durch das Ufer drang und die Wiesen trocken waren. Diese Veränderung war während nur zwei Tagen ganz allein durch das Wasser im Canale bewirkt worden, welches durch die Bewegung der hin- und herfahrenden Schiffe getrübt worden war.

§. 38.

Die fernern Verdichtungs-Arbeiten zwischen Erlangen und Bamberg bieten, die Stellen, die ich im folgenden Paragraph anführen werde, ausgenommen, nichts besonders Bemerkenswerthes dar, und ich finde nur zu bemerken, dafs ich, um das in denselben zu leitende Wasser trüben zu können, zwischen Vorchheim und Bamberg mit dem auf beiden Seiten der Strafse liegenden Strafsenkothe die Sohle des Canals bedecken liefs. Diese Strafse wird mit Kalksteinen erhalten, und ich hatte schon vor dem Anfange des Canalbaues in den Umgebungen von München zu beobachten Gelegenheit gehabt, dafs dieser zerriebene Kalkstein, vorzüglich wenn er einen gröfsern Antheil von Thon enthält, beinahe eben so wirksam ist als Thon, um sandigen

Boden wasserdicht zu machen. Die Richtigkeit dieser Beobachtung bewährte sich auch hier auf das vollkommenste.

§. 39.

Der Canal zieht ganz nahe zwischen Vorchheim und Bamberg an den beiden grofsen Dörfern Altendorf und Hirschhaid vorüber. Die meisten Keller dieser Dörfer liegen tiefer als der nahe Canal, und ich besorgte nicht ohne Grund, dafs sobald der Canal mit Wasser gefüllt werden würde, es durch den sandigen Untergrund in die Keller dringen werde. Dies geschah auch bei dem ersten Versuche, den Canal zu füllen, und das Wasser in demselben hatte noch nicht die Höhe von 2 Fufs erreicht, als es schon das Bodenpflaster vieler Keller 1 bis 2½ Fufs hoch bedeckte. Es war mir nicht schwer, die Eigenthümer dieser Keller dadurch einigermafsen zu beruhigen, dafs ich sie auf das vollkommen klare Wasser in denselben und das zu gleicher Zeit ganz trübe im Canale aufmerksam und ihnen begreiflich machte, dafs das in die Keller dringende Wasser nur dadurch hell werden könne, dafs es die Stoffe, wodurch es trüb gemacht würde, auf seinem Wege durch den Sand in demselben zurücklasse, und dieser dadurch bald wasserdicht und die Keller wasserfrei werden müfsten. Wirklich verminderte es sich bald; doch in diesem Jahre noch nicht ganz, und während des folgenden Winters bleiben noch viele Keller mit Wasser gefüllt. Doch waren der Klagen darüber nur wenige; denn diese Keller sind gröfstentheils zur Aufbewahrung von Wurzelgewächsen und Gemüsen bestimmt, die in diesem wasserarmen Jahre (1842), der ungewöhnlichen und lange anhaltenden Dürre wegen, gänzlich mifsrathen waren, daher es in diesem Winter wenig oder nichts in den Kellern aufzubewahren gab. Im folgenden Jahre endlich wurden sie vollkommen wasserfrei. Dieser günstige Erfolg, so wie die Verdichtung des ganzen Canales zwischen Erlangen und Bamberg, wurde sehr durch das bei Erlangen in denselben geleitete Wasser der Regnitz befördert, welches durch seit vorigem Herbste eingetretenen Regen sehr oft trüb war, dann immer viele, fein zertheilte Thon-Erde mit sich führte und jetzt eine gröfsere Menge von Wasser an den Canal abgeben konnte, als in dem verflossenen, trocknen und wasserarmen Jahre.

§. 40.

Ich gehe nun zur Darstellung des bis zum Herbste des vorigen Jahres längs dem ganzen Canale eingetretenen, unerwartet günstigen Erfolges meiner

Verdichtungsweise über, und enthalte mich dabei aller *eigenen* Angaben, um dem Verdachte vorzubeugen, als hätte irgend eine Vorliebe für mein Werk einigen Einfluſs auf diese Darstellung gehabt. Ich führe bloſs die hierauf sich beziehenden Stellen eines an die Staatsregierung, *nicht von mir* erstatteten amtlichen Berichtes wörtlich an. Es muſste jedes Jahr vor dem Zusammentritte der Besitzer der Ludwigcanal-Actien ein Bericht über den Zustand und die Fortschritte des Canalbaues erstattet werden. Dieser wurde der Versammlung mitgetheilt und in den Protocoll-Auszügen derselben abgedruckt. Dies geschah auch im vorigen Jahre mit dem am 6ten October erstatteten Berichte; er wurde in den am 21ten bis 23ten October gehaltenen Sitzungen der Versammlung vorgetragen und in den noch im nemlichen Jahre erschienenen Protocoll-Auszügen abgedruckt. Ich theile nun daraus die hieher sich beziehenden Stellen wörtlich mit.

§. 41.

„In der Canalstrecke zwischen Griesstatten und der Theilungshaltung „wurde im verflossenen Jahre mit den Verdichtungs-Arbeiten eifrig fortgefah„ren *). Das Resultat derselben ist über alle Erwartung günstig und läfst mit „Zuversicht erwarten, dafs die Versickerung weit unter der früher als normal „angenommenen Gröfse zurückbleiben werde," (S. 49 der Protocoll-Auszüge). Dieses ist die Canalstrecke, welche ich §. 30. beschrieben habe; nur ist in dem angeführten Berichte noch die Canallänge von nahe an 18000 Fuſs durch das Ottmaringer Thal bis an die Altmühl begriffen, welche ich in jenem Paragraph nicht mit angeführt habe, weil sie in wasserhaltendem Boden ausgegraben ist und reichliche eigne Zuflüsse hat, welche ihr von oben herabkommendes Wasser entbehrlich machen.

„Sobald es möglich geworden war, das Canalspeisewasser von dem „Leitgraben der Schwarzach bei Neumarkt in gröfsern Quantitäten über die „hohen Dämme der Theilungshaltung und in den nördlichen Arm zu führen, „wurden auch hier die Verdichtungs-Arbeiten, und zwar insbesondere in den „Haltungen 27 bis 52, mit allem Eifer und mit vollständigem Erfolge betrieben.

---

*) Es wurde am ganzen Canale durchaus keine andere Verdichtungsweise, als die mit getrübtem Wasser, so wie ich sie §. 16. beschrieben habe, angewendet, da die übrigen, den Versuchen bei Neumarkt zufolge angewendeten Verdichtungsweisen alle als unzureichend befunden wurden und alle Canalhaltungen, in welchen man sie angewendet hatte, ebenfalls erst mit trübem Wasser wasserdicht gemacht werden muſsten.

„Diese, über drei Stunden lange, in ganz groben Sand gegrabene Canalstrecke „(die in §. 31. beschriebene) ist durch die angewendeten Mittel, namentlich „durch das Einführen von Letten und fortwährende Auftrüben des Wassers, „bereits in so hohem Grade verdichtet, dafs sämmtliche Haltungen schon seit „längerer Zeit auf die Normalhöhe von 5 Fufs gefüllt sind und das aus der „Theilungshaltung empfangene Speisewasser fast ohne Verlust an die unten „folgende Canalstrecke abzugeben vermögen (S. 51 der Protocoll-Auszüge)."

§. 42.

Dies sind die Canalstrecken, die ich §. 30. und 31. beschrieben habe. Sie erstrecken sich in längerer und ununterbrochener Ausdehnung durch Sand, und zwar grofsentheils tiefen, groben und schwer zu verdichtenden Sand, und gaben Denen, welche die Schwierigkeit, den Canal wasserhaltend zu machen, für sehr grofs oder wohl gar für unüberwindlich hielten, am meisten Veranlassung zu Besorgnissen; und nun haben sie, und zwar schon am Anfange des Octobers, das von mir berechnete Maximum der Wasserdichtigkeit theils beinahe erreicht, theils sogar übertroffen; nur die etwa 11 000 Fufs langen drei Canalhaltungen zwischen der Schwarzach und der Schleuse bei Röthenbach, welche man viel später mit trübem Wasser zu verdichten anfing, war um diese Zeit noch etwas von der vollkommenen Wasserdichtigkeit entfernt; besonders in der Nähe dieser Schleuse selbst, wo sich unter der Canalsohle, als man diese Haltung mit Wasser zu füllen begann, eine zerklüftete Lage von Sandstein fand, drang das Wasser durch und füllte die Keller des nahen Dorfes Röthenbach. Wir haben oben in §. 39. gesehen, wie leicht die Keller in den Dörfern Altendorf und Hirschhaid, die in dem nemlichen Falle waren, wieder trocken wurden. Ich könnte leicht die befriedigendsten Nachrichten über die Fortschritte, welche die Verdichtung des Canals seit dem October des vorigen Jahres bis jetzt gemacht hat, geben, wenn ich nicht der Versicherung, die ich am Anfange des 40ten Paragraphen gab, getreu, nur solche ertheilen wollte, welche sich auf amtliche, öffentlich bekannt gemachte Berichte gründen. Meine Leser werden übrigens aus dem bisher angeführten, ganz unerwarteten und glänzenden Erfolge meiner Verdichtungsweise, gerade in den für die Verdichtung schwierigsten Canalhaltungen, leicht ermessen können, welche Fortschritte der Canal seit dem October vorigen Jahres bis jetzt gemacht haben kann, und gemacht haben mufs.

§. 43.

Zerklüftete Steinschichten, welche dem Wasser einen Weg aus dem Canale öffneten, hatten sich schon drei Jahre früher in der 33 000 Fufs langen, von Berching bis in das Ottmaringerthal reichenden Canalhaltung gefunden. Als man diese Haltung zu füllen anfing, entstanden an mehreren Stellen, wo sie in den Berg-Abhang eingeschnitten ist, tiefer unten im Thale und einige 100 Fufs vom Canale entfernt, mehrere Quellen, deren trübes Wasser keinen Zweifel liefs, dafs das Wasser sich gröfsere Öffnungen gebahnt habe, welche durch Trübung desselben nicht geschlossen werden konnten. Als der Canal wieder trocken gelegt war, zeigten viele kleine, trichterförmige Öffnungen auf der Sohle des Canals die Stellen, wo das Wasser sich einen Ausweg gebahnt hatte. Sie wurden aufgegraben und man fand zerklüftete Steinschichten, welche auf keine andere Weise wasserdicht gemacht werden konnten, als dafs man sie 2 bis 3 Fufs tief ausgrub und die dadurch entstandenen Vertiefungen mit diesen nemlichen Steinen, aber mit Erde und Sand vermengt, wieder ausfüllte. Der Zweck wurde dadurch vollkommen erreicht. Da an noch mehreren andern Stellen ähnliche trichterförmige Öffnungen, aber in geringerer Anzahl entstanden waren, und ich das etwas kostbare und zeitraubende Ausgraben der untenliegenden Steinschichten, wenn nicht ganz vermeiden, doch nach Möglichkeit vermindern wollte, so liefs ich Sand darüber ausbreiten, welcher, als man wieder Wasser in den Canal leitete, mit hölzernen Krücken aufgerührt wurde, um ihn durch die in der Tiefe verborgenen Ritzen zu führen und diese dadurch zu verstopfen; worauf in der Folge der sie verstopfende Sand durch trübes Wasser verdichtet werden sollte. Nur die Stellen, an welchen dieses Mittel unzureichend sein würde, sollten dann aufgegraben und auf die so eben beschriebene Weise behandelt werden. Ich erreichte meinen Endzweck gröfstentheils, und nur an wenigen Stellen blieb für jetzt das Aufgraben nothwendig. Als aber das Wasser im Canale die Tiefe von 3 Fufs und darüber erreichte, entstanden neue Quellen auf den neben dem Canale liegenden Grundstücken, und man entdeckte bald ähnliche trichterförmige Öffnungen auf den Böschungen der Ufer. Hier war es schwieriger, Sand mit gleichem Erfolge anzuwenden, aber leichter, als auf der Sohle die zerklüfteten Steinlagen an dieser Stelle auszugraben und mit Erde und Sand vermengt wieder einzufüllen. Diese Arbeit mufste, so wie das Wasser im Canale stieg, öfter wiederholt werden: denn so wie der Druck des Wassers durch das Steigen desselben zunahm, öffneten sich immer mehrere Klüfte unter der Sohle

und es mufsten noch im vorigen Jahre bedeutende Ausgrabungen und Wieder-Ausfüllungen, sowohl an den Ufern, als auf der Sohle des Canals, vorgenommen werden, bis diese Canalhaltung vollkommen wasserdicht gemacht werden konnte. Ähnliche Fälle mögen wohl bei der Ausführung der meisten Canäle vorkommen, und ich glaube, in solchen Fällen die hier beschriebene Anwendung des Sandes und die kostbaren Ausgrabungen nach Möglichkeit zu vermindern und auf das unumgänglich Nothwendige zu beschränken, empfehlen zu dürfen.

§. 44.

Der Canal von Röthenbach bis Nürnberg und von Nürnberg bis Bamberg wird schon seit der zweiten Hälfte des Jahres 1843 befahren. Im Anfange und bis gegen den Sommer des Jahres 1844 hatte er zwar nicht immer die Normaltiefe von 5 Fufs, wohl aber seit der zweiten Hälfte desselben Jahres, ungeachtet er das Wasser nur durch die mäfsigen Zuflüsse von der im vorigen Paragraph angeführten Schleuse bei Röthenbach an, wo er den Gauchsbach aufnimmt, und aufser diesem durch einige kleine, unbedeutende Zuflüsse bis Erlangen hin erhält; denn das ihm von der Theilungshaltung herab zugeleitete Wasser wurde noch gröfstentheils von den noch nicht hinlänglich wasserdichten Canalhaltungen zwischen dem Brückcanale über die Schwarzach und der Schleuse bei Röthenbach absorbirt. Die Leser sehen an Dem, was ich bisher, gröfstentheils auf einen amtlichen, öffentlich bekannt gemachten Bericht mich stützend, angeführt habe, dafs der ganze Canal, die einzige kurze, nur 4000 Fufs lange Strecke, der ich im vorigen Paragraph gedacht habe, ausgenommen, schon im Anfange des Octobers des vorigen Jahres nicht nur befriedigend war, sondern bereits in den für die Erreichung der vollkommenen Wasserdichtigkeit schwierigsten Stellen weniger Wasser durch Versickerung verlor, als ich das vielleicht erst nach Jahren erreichbare Minimum berechnet hatte; und zwar ganz allein durch das von mir zuerst in dieser Ausdehnung angewendete getrübte Wasser.

§. 45.

Die in den Paragraphen 30. und 31. beschriebenen Canalstrecken enthalten zwischen sich die Theilungshaltung, welche schon vor drei Jahren so wasserdicht war, dafs sie in mehreren ihrer Theile, bei einer Wassertiefe von 3 Fufs, wenn aller Zufluſs von denselben abgeschnitten war, durch Versickerung und Verdünstung binnen 24 Stunden nur noch eine Linie an Tiefe verlor.

Nach dem von mir in meiner Berechnung des Wasserbedarfs angenommenen Minimum der Versickerung durfte der Verlust binnen dieser Zeit bei der Wassertiefe von 5 Fufs einen halben Zoll betragen. Nach den in §. 41. angeführten Stellen des amtlichen Berichtes vom 6ten October vorigen Jahres waren jene beiden Canalstrecken an Wasserdichtigkeit so weit fortgeschritten, dafs sie das von mir berechnete Maximum derselben nicht nur erreichten, sondern theils sogar übertrafen, theils es bald zu übertreffen hoffen liefsen. Der Canal war von Röthebach bis Bamberg seit beinahe zwei Jahren der Schiffahrt bereits geöffnet und liefs nichts mehr zu wünschen übrig. Es war folglich im October vorigen Jahres der ganze 18 Meilen lange Canal von der Altmühl bis in die Regnitz, mit Ausnahme der kurzen, nur 11 500 Fufs langen Strecke zwischen der Schwarzach und Röthenbach, vollkommen wasserdicht; und auch diese Strecke liefs, allen vorausgegangenen Erfahrungen zufolge, ihre vollkommene Wasserdichtigkeit binnen kurzer Zeit mit Zuverläfsigkeit erwarten. Der beinahe zu zwei Drittheilen in Sand gegrabene Canal ist folglich noch vor seiner Eröffnung vollkommen wasserdicht geworden. Gewifs werden nur wenige Canäle, oder vielleicht gar keine, wenn sie auch in einem der Verdichtung minder ungünstigem Boden gegraben wurden, dieses Ziel noch vor ihrer Eröffnung erreicht haben. Aber es wurde am Ludwigcanale erreicht, und zwar ganz allein durch die von mir angewendete Verdichtungsweise, und ich dürfte, ohne darum einer Unbescheidenheit beschuldigt werden zu können, mir wohl schmeicheln, dafs die Kunst, schiffbare Canäle zu bauen, dadurch eine wesentliche Vervollkommnung erhalten hat. Auch für andere Zwecke wird die Weise, Sand wasserdicht zu machen, nicht selten mit grofsem Nutzen angewendet werden können; und vorzüglich dürften Länder, welche weite Sandstrecken haben, wesentliche Vortheile davon erzielen. Auch giebt es Canäle, die mehrere Jahre nach ihrer Eröffnung noch nicht befriedigend wasserdicht geworden sind: es ist nicht unmöglich, dafs sie es durch die Anwendung meiner Verfahrungsweise leicht und bald werden können.

Der Ludwigcanal soll im nächsten Frühlinge der Schiffahrt eröffnet werden. Ich werde nicht ermangeln, eine umständliche Nachricht davon und das Ergebnifs der Beobachtungen über den Zustand und vorzüglich über die Wasserdichtigkeit desselben in diesem Journale mitzutheilen, und diese Mittheilung wird den Schlufs der gegenwärtigen Abhandlung bilden.

Im Jänner 1845.

2.

Über die verschiedenen Arten, die Spannkraft der atmosphärischen Luft als bewegende Kraft auf Eisenbahnen zu benutzen, von welchen eine die der sogenannten atmosphärischen Eisenbahnen ist.

(Vom Herausgeber dieses Journals.)

(Fortsetzung des Aufsatzes No. 2. im ersten, No. 9. im zweiten und No. 17. im vierten Heft ein und zwanzigsten Bandes.)

(Über den Inhalt dieser Fortsetzung hat der Herausgeber der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin in ihrer Gesammtsitzung vom 6ten März 1845 einen Vortrag gemacht.)

I. Vergleichung der Spannkraft des Dampfes und der Luft im Allgemeinen.

1.

Der Wasserdampf und die atmosphärische Luft sind beides *elastische Flüssigkeiten*. Sie haben als solche die Eigenschaft gemein, sich *auszudehnen* und gegen Flächen, die sich ihrer Ausdehnung widersetzen, eine *Spannkraft* auszuüben, welche im allgemeinen in geradem Verhältnifs mit der Dichtigkeit der beiden Flüssigkeiten wächst; jedoch bei beiden durch den Grad der Temperatur verändert wird. Da die Dichtigkeit immerfort vergröfsert werden kann, so läfst sich auch die Spannkraft *beider* Flüssigkeiten bis zu einem beliebigen Grade verstärken.

Die *Spannkraft* oder *ausdehnende Kraft* des *Wasserdampfs* ist es, welche die *Dampfmaschinen* in Bewegung setzt, durch welche man auf den Eisenbahnen Lasten fortschafft, oder sonst zu andern Zwecken; und zwar im Allgemeinen auf die Weise, dafs man den Dampf auf bewegliche Kolben in Röhren, die an ihrem Ende verschlossen sind, wirken, dadurch die Kolben forttreiben und sie so die verlangte Wirkung hervorbringen läfst: also mufs auch *Luft*, da sie die Spannkraft oder ausdehnende Kraft mit dem Dampfe *gemein* hat, ganz eben so sich benutzen lassen können. Die Wirkung mufs dieselbe sein; der Unterschied ist nur, dafs die Spannkraft des Dampfes durch die *Erhöhung der Temperatur*, und dagegen die aus der vergröfserten Dichtigkeit

entstehende Spannkraft der Luft durch eine beliebige andere, *äufsere* mechanische Gewalt hervorgebracht werden mufs.

2.

Der *Wasserdampf* hat in Rücksicht seiner Benutzung für Maschinen vor der *Luft* das voraus, dafs er und seine Spannkraft durch das Feuer auch da erzeugt werden kann, wo eine mechanische Gewalt zur Verdichtung oder Zusammenpressung der Luft nicht wohl zu haben ist; also insbesondere auch auf *Schiffen;* obgleich es noch die Frage wäre, ob und in wie fern nicht die Kraft des Windes auf dem Meere und diese, zusammen mit der der Strömung des Wassers auf Flüssen, auch da noch zum Zusammenpressen der Luft und also zur Hervorbringung von Triebkraft zu benutzen sein dürfte.

In allen andern Fällen dagegen, wo andere äufsere Kräfte zur Hervorbringung der Spannung der Luft vorhanden und zu haben sind, hat die *Luft* für die Benutzung ihrer Spannkraft vor dem *Wasserdampf* mehrere und entschiedene *Vorzüge,* vorausgesetzt, dafs sich sonst die technischen Schwierigkeiten dabei überwinden lassen. Diese Vorzüge, insbesondere bei der Fortbewegung von Lasten auf *Eisenbahnen,* welcher Fall der Gegenstand dieses Aufsatzes ist, sind etwa folgende.

Erstlich ist nicht unbedingt *Feuer* und also *Brennstoff* nöthig, um die Spannkraft oder die bewegende Kraft der Luft zu erzeugen, sondern jede andere mechanische Kraft, z. B. die Kraft von Wassergefällen, die Kraft des Windes, die Kraft von Zugthieren u. s. w. läfst sich dazu ganz eben so wohl benutzen; und dies ist sehr wichtig; denn einestheils ist die Heizung etwas Verzehrendes; sie *vernichtet* einen kostbaren Stoff, der anders, z. B. zur Erwärmung der Wohnungen, zur Bereitung der Speisen u. s. w. nützliche Dienste leisten kann; anderntheils ist der Brennstoff kostbar, die Kraft des Windes dagegen kostet an sich nichts, die Kraft unbenutzter Wassergefälle ebenfalls meistens nur wenig, und die Kraft der Zugthiere kann häufig wohlfeiler sein, als die des Brennstoffes.

Zweitens sind Maschinen, die durch das *Feuer* in Bewegung gesetzt werden, *weniger dauerhaft,* und folglich kostbarer als andere. Das Feuer zerstört sie unvermeidlich schnell. Besonders ist dies der Fall, wenn die Feuermaschinen nicht *feststehen,* sondern selbst mit fortbewegt werden; wie in dem Fall der Fortbewegung von Lasten auf Eisenbahnen.

Drittens. Ist die *Feuersgefahr* ein nicht unbedeutendes Übel, und sie ist doppelt grofs, wenn die Feuermaschinen, wie auf den Eisenbahnen,

mit fortrücken. Alsdann ist sie nicht blofs für die Nachbarschaft stehender Maschinen, sondern längs der ganzen Eisenbahn vorhanden; für die Personen und Güter aber, welche durch die Maschinen fortbewegt werden, ist sie in *hohem Grade* drohend. Benutzt man dagegen die Spannung der *Luft* als bewegende Kraft, so ist die Feuersgefahr für die Personen und Güter gar nicht und, selbst wenn man stehende Feuermaschinen zur Hervorbringung der Triebkraft dienen lassen mufs, oder will, doch nur noch für die Nachbarschaft dieser vorhanden; wo dann Sicherheitsmaafsregeln leicht sind. In wie fern die andere, aus einer starken Spannung der Luft allerdings entstehende und an die Stelle der Feuersgefahr tretende Gefahr des *Zerspringens der Luftbehälter* der Feuersgefahr zu vergleichen sei, wird weiter unten zu erörtern sein.

Viertens vermindert die Erniedrigung der Temperatur die Kraft der einmal gespannten Luft nur wenig, und fast nur unmerklich, die Spannung des Wasserdampfes dagegen sehr stark. Jedenfalls sind deshalb die Feuermaschinen, um die Wirkung der Erniedrigung der Temperatur zu hindern, künstlicher nöthig, und ihre Behandlung ist schwieriger, als es Luft-Vorrichtungen und deren Benutzung sein würden.

Fünftens ist die *Luft* zum Träger oder Vermittler der bewegenden Kraft durchaus unerschöpflich und überall und vollkommen kosten*frei* zu haben: das *Wasser* zu dem Wasserdampf ist es freilich ebenfalls, wiewohl doch nur beinahe: dagegen der *Brennstoff* ist weder unerschöpflich, noch kostenfrei. Soll das Brenn*holz*, welches allein wieder *zuwächst*, nicht unerschöpflich sein, so erfordert es grofse Flächen Landes, die Nützlicheres tragen könnten.

Die Spannkraft der Luft hat also vor der des Wasserdampfes, besonders für Eisenbahnen, schon im Allgemeinen entschiedene und grofse Vorzüge.

3.

Dafs die Spannkraft der Luft an sich als bewegende Kraft zur Fortschaffung von Lasten auf Eisenbahnen tauglich sei, ist den obigen Bemerkungen zufolge unzweifelhaft, und gleichsam *mathematisch* gewifs. Es kommt immer nur auf eine Kraft von hinreichender Stärke an, die geeignet ist, einen Kolben in einer Röhre fortzutreiben. Eine solche Kraft besitzt die Luft, wenn sie zusammengedrückt ist, eben wie der Dampf; und ob es Luft oder Dampf sei, was den Kolben forttreibt, ist offenbar für die Wirkung gleichgültig, während es practisch selbst leichter ist, einen dauerhaften und tauglichen *Luftkolben* zu machen, als einen *Dampfkolben*. Die Frage an sich, *ob* die Spannkraft

der Luft die Stelle derjenigen des Dampfes auf Eisenbahnen vertreten könne, findet daher gar nicht Statt. Sie verneinen, hiefse physicalische Gesetze bezweifeln und leugnen, die seit Jahrhunderten bekannt und bestätigt sind.

Es kommt also nur darauf an, *wie* die Spannkraft der Luft hier zu benutzen *technisch* möglich sei, und dann: *wie am besten und vortheilhaftesten.*

Beim ersten Anblick *scheint* die Benutzung der Luft grofse technische Schwierigkeiten zu haben; aber es ist glücklicherweise nicht mehr an der Zeit, wo hier der Schein dem Fortschritte sich entgegenstemmen könnte. Die *Erfahrung* und die *Wirklichkeit* hat *bewiesen*, dafs die Benutzung der Luft auf Eisenbahnen auf eine der verschiedenen Arten, die thunlich sein dürften, *technisch* wirklich *möglich ist.* Die Eisenbahn bei Dublin, von Kingstown nach Dalkey, ist in vollem *Betriebe,* und die *Spannkraft der atmosphärischen Luft* ist es dort, die einen Kolben, *vor* welchem man die Luft in einer längs der Eisenbahn laufenden Röhre auspumpt, und mit ihm schwere Wagenzüge, mit grofser Geschwindigkeit, sogar stets bergauf und einen ziemlich steilen Abhang hinan, forttreibt.

Nun ist aber die besondere Art der Benutzung der Spannkraft der Luft bei Dublin, wie sich zeigen wird, fast von allen sogar gerade die *unvortheilhafteste* und die *schwierigste.* Auch sind die Vorrichtungen zu dieser Benutzung ungemein complicirt und künstlich. Es beweiset daher dieser erste Versuch nicht blofs die technische Möglichkeit der Benutzung der Luft auf Eisenbahnen, sondern *mehr:* nemlich dafs, da die Benutzung auf diese *schwierige* Art wirklich schon möglich ist, sie es auch wohl noch auf andere, *einfachere* und gleichsam *natürlichere* Arten sein werde. Man hat die Dubliner Eisenbahn durch die Erfahrung schon so vortheilhaft gefunden, dafs man in England damit umgeht, mehrere neue Eisenbahnen nach diesem Systeme zu bauen: also ist es mehr als wahrscheinlich, dafs auf *andere* Arten und durch *einfachere* und *zweckmäfsigere* Vorrichtungen noch viel gröfsere Vortheile zu erzielen sein dürften. Einige Ingenieurs haben sogar die Meinung aufgestellt, dafs die atmosphärischen Eisenbahnen, nach Art der Dubliner, *überall* und unter allen Umständen, auch in Rücksicht der *Kosten,* vortheilhafter sein würden, als Dampfwagenbahnen. Allein es wird sich zeigen lassen, dafs *dem* nicht also ist und dafs die *Gegner* der Meinung Recht haben. Es ist zwar ganz wahrscheinlich, ja beinahe gewifs, dafs die Benutzung der Luft überall und unter allen Umständen vortheilhafter sein dürfte, als die Spannkraft des Dampfs; nemlich in Rücksicht der in §. 3. aufgezählten Vorzüge der Luft

vor dem Dampf: aber, damit sie es auch in Absicht der *Kosten sei*, dürften *andere* Vorrichtungen als die bei Dublin nöthig sein.

Wir werden alles Dieses in Folgendem näher zu erörtern versuchen und Erwägungen darüber anstellen, *welche* Arten von Vorrichtungen technisch am leichtesten ausführbar und zugleich in Absicht der Kosten die vortheilhaftesten sein dürften.

II. *Verschiedene Arten die Spannkraft der Luft auf Eisenbahnen zu benutzen.*

4.

Die verschiedenen Arten, wie die Spannkraft der Luft zur Forttreibung von Lasten auf Eisenbahnen sich dürfte benutzen lassen, wenigstens diejenigen, welche theils schon wirklich ausgeführt, theils vorgeschlagen und mehr oder weniger dringend empfohlen wurden, sind etwa folgende.

I. Man kann längs der Eisenbahn, mitten zwischen die Schienen, eine Röhre legen, in welcher sich ein Kolben bewegt, *vor* welchem man die Luft mehr oder weniger auspumpt, so dafs der Druck der atmosphärischen Luft *hinter* dem Kolben das Übergewicht bekommt und den Kolben und mit ihm den vordersten Wagen des Zuges, der mit dem Kolben durch eine senkrechte Stange verbunden ist, und dann weiter die an den vordersten Wagen angehängten übrigen Wagen, also den ganzen Wagenzug forttreibt. Damit die Stange von dem Kolben nach dem vordersten Wagen gelangen könne, mufs die Röhre längsaus einen *Schlitz* haben, den eine längsauslaufende Klappe *vor* dem Kolben luftdicht verschlossen hält und welche erst die Stange selbst, oder der Wagenzug, so wie er fortrückt, öffnet. Die luftdichte Klappe aber, und sie allein, ist die sehr grofse technische Schwierigkeit. Einen Wagen, der nicht mit Gütern oder Personen beladen werden könnte, wie Dampfwagen und Tender auf Dampfwagenbahnen, giebt es hier nicht; denn auch der vorderste Wagen, der durch die Stange mit dem Kolben zusammenhängt, kann noch beladen werden. Es braucht blofs der Führer, mit Dem was ihm nöthig ist, darauf Platz zu finden.

Diese Art der Vorrichtung ist die Dubliner sogenannte *atmosphärische Eisenbahn.*

II. Während Alles ganz wie vorhin ist, kann man die Luft, statt sie *vor* dem Kolben zu *verdünnen*, *hinter* dem Kolben *zusammenpressen*. So

viel ich weifs, ist diese Art noch nicht näher vorgeschlagen worden; allein die Veränderung liegt so nahe, dafs sie kaum etwas Neues zu nennen ist. Es ist dazu nichts weiter nöthig, als eine andere Einrichtung der Klappe auf dem Schlitz für die Verbindungsstange des Kolbens in der Triebröhre mit dem vordersten Wagen.. Statt dafs diese Klappe bei No. I. von *aufsen* nach *innen* luftdicht schliefsen mufs, mufs sie es hier von *innen nach aufsen;* was sich auch, wie sich zeigen wird, ganz gut ausführen lassen dürfte.

III. Man kann, statt eine feste eiserne Röhre mit einem Schlitz zwischen die Schienen zu legen und einen Kolben darin sich fortbewegen zu lassen, eine Röhre *ohne Kolben* zwischen die Schienen legen, die, so wie die Luft hineingepumpt wird, hinter einem *Rade* am vordersten Wagen sich *aufbläht,* welches Rad mitten zwischen den Schienen auf der Decke der Röhre hinrollt und so den vordersten Wagen und mit ihm die übrigen Wagen forttreibt. Dieses wäre die Ausführung eines Vorschlages, welchen kürzlich ein Ungenannter in No. 17. des „Journal des chemins de fer" von 1844 gemacht hat und dessen Grund-Idee schon vor mehreren Jahren unter andern ein Preufsischer Ingenieur hatte, der sie zum Heben des Wassers benutzen wollte.

IV. Man kann, wie in No. I. und II., zwischen die Schienen eine feste eiserne Röhre legen, in dieser Röhre die Luft zusammenpressen, darauf aus der Röhre, als einem festliegenden *Luftbehälter,* den vordersten Wagen, der ganz wie ein Dampfwagen eingerichtet ist, mit zwei Cylindern, Kolben, Kurbeln etc., aber ohne Dampfkessel und Esse, auf irgend eine Weise die nach Bedürfnifs nöthige Luft schöpfen und diese nun ganz so auf die Kolben in den Cylindern des *Luftwagens* wirken lassen, wie den Dampf in *Dampfwagen.* Diese Einrichtung ist die des Herrn *Pecqueur.* Sie ist bis jetzt erst im Modell versucht worden, wird aber dem Vernehmen nach im Grofsen geprüft werden.

V. Man kann die Luft in Behälter zusammenpressen, diese Behälter auf den vordersten Wagen setzen, der wiederum ganz so eingerichtet ist, wie der *Luftwagen* in No. IV., und nun wieder diese zusammengepreíste Luft aus den *mitfahrenden* Behältern auf die Kolben in den Cylindern ganz eben so wirken lassen, wie den Dampf in Dampfwagen. Diese Einrichtung ist diejenige, welche meines Wissens zuerst Herr *v. Baader* in München vorgeschlagen hat. Der Herr Oberbergrath *Henschel* in Cassel hat sie im Jahr 1833 von neuem angeregt. Ich habe davon im Jahr 1838 in der der hiesigen Königl. Akademie vorgelesenen Abhandlung „Über die Ausführbarkeit

von Eisenbahnen in bergigen Gegenden" gesprochen, und im August 1844 hat Herr *Andraud* zu Paris auf einer der Eisenbahnen nach Versailles Versuche mit einem von ihm im Grofsen ausgeführten *Luftwagen* angestellt; vorläufig ohne angehängte Lastwagen, weil es ihm noch an dem Mittel gefehlt hat, die Luft hinreichend zusammenzupressen. Die Versuche sind vollkommen gelungen und werden dem Vernehmen nach mit stärker zusammengepreſster Luft und mit angehängten Lastwagen fortgesetzt werden.

III. Technische Vorrichtungen zu den obigen verschiedenen Arten der Benutzung der Luft.

5.

Ehe wir zwischen den hier aufgezählten fünf verschiedenen Arten von Eisenbahnen rücksichtlich der Anlagekosten und der Transportkraft, so wie über ihre sonstigen Vorzüge und Nachtheile gegen einander und gegen die gewöhnlichen Dampfwagen-Eisenbahnen Vergleichungen anstellen dürfen, wird es angemessen sein, erst *technisch* oder *practisch* anzugeben, wie und auf welche Weise nach unserer Meinung am besten die verschiedenen Constructionen ins Werk zu richten sein dürften: denn man kann natürlich nicht eher mit Grund über technische Gegenstände Vergleichungen und Berechnungen ihrer Wirkungen anstellen, ehe man nicht nachgewiesen hat, dafs und wie sie practisch ausführbar sein würden.

Die obigen fünf verschiedenen Constructionen lassen sich, einer der Hauptsachen nach, in nur *zwei* verschiedene Arten theilen. Die *erste* Art ist die, welche eine zwischen den Schienen längsauslaufende *Triebröhre* von dieser oder jener Construction hat. Dieses ist bei No. I. II. III. und IV. der Fall. Die *andere* Art ist die No. V., welche *keiner* solchen Röhre bedarf.

Von der ersten Art bedarf wieder No. III. für die Triebröhre keines längsauslaufenden Schlitzes mit Klappe. Auch No. IV. bedarf, *nach der Pecqueurschen Art,* für die Triebröhre keinen Schlitz. Aber da No. IV. in dieser Art gar zu complicirt und die Erlangung der Luftdichtigkeit bei derselben *noch* schwieriger zu sein scheint, als wenn ein Schlitz vorhanden ist, so setzen wir auch für diese Art einen Schlitz voraus.

Wir haben also jetzt die drei Arten No. I. II. und IV. mit längsauslaufender *geschlitzter* Triebröhre, wo der Schlitz nebst Klappe, wie sich zeigen wird, bei allen dreien im wesentlichen auf eine und dieselbe Weise dürfte

eingerichtet werden können; sodann No. III. mit längsauslaufender ***ungeschlitzter*** Triebröhre, und No. V. ***ohne*** Triebröhre.

Wir fangen mit No. I. II. und IV. an; und zwar mit No. IV., da dieser Fall der schwierigste ist und No. I. und II. blofse Vereinfachungen desselben sind.

6.

Es kommt bei No. IV., wo die Luft in der ganzen Triebröhre vor dem Anfange der Bewegung zusammengepreſst werden und dann der ***Luftwagen*** aus der Röhre die zusammenpreſste Luft nach Bedürfnifs ausschöpfen soll, darauf an, dem Schlitze der Röhre eine Klappe zu geben, die sich ***vor*** der Stange, welche den ***Triebkolben*** mit dem Luftwagen in Verbindung setzt, und die wir ***Triebstange*** nennen wollen, nach dem Innern der Röhre hin öffnet und ***hinter*** dem Kolben wieder von Innen nach Aufsen verschliefst; denn die Luft hat hier im Innern der Röhre eine ***stärkere*** Spannung als aufserhalb, und mufs abgehalten werden, von Innen nach Aufsen ***durch die Klappe*** und anders als durch die Schöpfröhre des Luftwagens zu entweichen. Die Klappe mufs also von ***Innen nach Aufsen luftdicht*** schliefsen. Die Construction einer Klappe, welche allmälig längs der Röhre sich öffnen lasse, dabei aber vor und hinter dem Kolben ***luftdicht*** schliefse, ist die einzige, aber auch eine grofse technische Schwierigkeit.

Bei der Dubliner Eisenbahn, wo die Klappe ebenfalls, wenigstens vor dem Kolben, luftdicht schliefsen mufs, dort zwar von Aufsen nach Innen, statt wie bei No. IV. von Innen nach Aufsen, was indessen keinen wesentlichen Unterschied macht, wird die Luftdichtigkeit der Klappe dadurch hervorgebracht, dafs sie sich von oben nach unten in einen Falz legt, der mit einer aus Wachs und Öl zusammengesetzten Masse gefüllt ist; und da diese Masse nur dann einen luftdichten Verschlufs giebt, wenn sie bis zur Flüssigkeit ***erwärmt*** ist, so führt die Triebstange einen mit glühenden Kohlen gefüllten Behälter mit sich fort, über die verdichtende Masse hin, welche nun die Kohlen schnell erwärmen und flüssig machen müssen. Dieses Mittel liefse sich vielleicht auch hier bei No. IV. anwenden; denn man könnte den durch die Kohlen erhitzten Behälter vielleicht ***im Innern des Kolbens*** anbringen; aber die Art des Verschlusses ist doch unstreitig nur sehr unvollkommen; denn die Kohlen können vor der Zeit erlöschen, und, wenn dies auch nicht geschieht, so erfolgt doch die Erwärmung und Flüssigmachung der Masse jedenfalls immer nur sehr un-

vollkommen, indem der erwärmende Behälter gar zu *schnell* über die zu erwärmende Masse hinstreicht. Nimmt man nemlich auch nur eine Geschwindigkeit von 4 Meilen in der Stunde an, was $26\frac{2}{3}$ F. in der Secunde ausmacht, und den erwärmenden Behälter 6 F. lang (bei Dublin ist er nur 3 F. lang), so bleibt jeder Punct der zu erwärmenden Verdichtungsmasse nur $\frac{1}{2}.26\frac{2}{3}$, also noch nicht *eine Viertel-Secunde* mit dem erwärmenden Behälter in Berührung, und in dieser so ungemein kurzen Zeit kann die Erwärmung gewifs nur sehr unvollkommen geschehen. Auch schliefst die Klappe bei Dublin, den *Mallet*schen Versuchen zufolge, undicht genug. In etwa 10 Minuten hat sie wieder ganz die äufsere Luft in die Röhre, die etwa bis auf $\frac{1}{3}$ der Luftmasse ausgeschöpft war, eindringen lassen. Ob die Undichtigkeit bei dieser Art des Verschlusses gröfser oder geringer sein würde, wenn die Klappe, wie hier bei No. IV., einem *stärkern* Luftdrucke, vielleicht von 4 bis 5 Atmosphären, zu widerstehen hat, während bei Dublin nur höchstens $\frac{2}{3}$ Atmosphären darauf drücken, läfst sich im Voraus nicht sagen; schwerlich aber würde wohl die Undichtigkeit *geringer* sein. Auch ist jedenfalls die stete Erneuerung der Verdichtungsmasse und der erwärmenden Kohlen unbequem, beschwerlich, und selbst kostbar. Wir schlagen daher folgende andere Art der Anordnung der Klappe und ihres Verschlusses, und zwar sogleich für den schwierigsten Fall No. IV. *ohne* Verdichtungsmasse vor; welcher Verschlufs allem Anschein nach dichter und haltbarer sein dürfte.

7.

Die Figuren 1, 2, 3, 4, 5 und 6 Taf. I. und II. stellen diese Constructionen vor; und zwar *zwei verschiedene Arten* der Anordnung der Klappe und ihres Verschlusses; Fig. 1, 2 und 3 die eine, Fig. 4, 5 und 6 die andere Art.

Es ist eine Triebröhre von 14 Zoll im Durchmesser im Lichten weit, ungefähr so weit wie die bei Dublin, angenommen. Der Längsdurchschnitt Fig. 3 stellt nur die halbe Länge des *Kolbens* vor, und die Linie *ab* geht durch die *Mitte* der *Triebstange T*. Die andere nicht gezeichnete Hälfte des Kolbens ist ganz der gezeichneten Hälfte gleich, nur natürlich in *entgegengesetzter* Lage. Für die *ganze* Länge des Kolbens ist 12 F. angenommen, so dafs $kc = 6$ F. ist. Die Theile des Kolbens *K, K* an den beiden Enden desselben, welche *eigentlich* zum Verschlufs der ganzen *Röhre,* (bei No. I. und II.), hier bei No. IV. nur zum Verschlufs der *Klappe* bestimmt sind, mögen jeder 6 Zoll lang sein, so dafs zwischen ihnen noch 11 F. Länge

bleiben. Diese Theile des Kolbens, oder die *eigentlichen Kolben*, mit ihrer Verliederung, sind nur andeutungsweise gezeichnet, und man kann sie nach Belieben auf eine oder die andere der verschiedenen bekannten Arten noch besser und dichter einrichten.

Hier bei No. IV., wo die Luft in der *ganzen* Röhre *vor* und *hinter* dem Kolben *gleich stark* zusammengepreſst sein soll, verschlieſsen die Theile *K, K* an den beiden Enden des Kolbens die Röhre *nicht ganz*, sondern nur die *obere Hälfte* derselben. Durch die *untere Hälfte R* strömt die Luft, so wie der Kolben sich fortbewegt, frei hindurch. Bei No. I. und II. müssen natürlich die Kolbentheile *K, K* die Röhre *ganz* verschlieſsen. Bei No. IV. wird nemlich der Kolben nicht durch *den Druck der Luft* auf sein eines Ende fortgetrieben, wie bei No. I. und II., sondern durch den *Luftwagen*, der die zusammengepreſste Luft aus der Röhre schöpfen soll.

Dieses Ausschöpfen geschieht vermittels der Röhren *S, S, in* der Triebstange *T* Fig. 2 und 3, welche unten bei *s, s* offen sind und daselbst *keine* Klappen haben. Sie haben ihre Verschlufsklappen oben im Luftwagen. Die Triebstange ist 30 Zoll lang und 2 Zoll dick angenommen. Jede der beiden Röhren *S, S*, welche die Luft aus der *untern* Hälfte der Triebröhre schöpfen, ist 6 Zoll lang und $1\frac{1}{2}$ Zoll breit; die eine biegt sich nach rechts, die andere nach links. Der obere Theil des Kolbens ist durch den festen Boden *B, B* von dem untern getrennt, durch welchen Boden die Schöpfröhren *S, S* bei *s, s* hindurchgehen. Die *obere* Hälfte des Kolbens ist also durch den Boden *B, B* und die Kolbentheile *K, K* an den Enden des Kolbens dem Zutritt der zusammengepreſsten Luft gänzlich verschlossen.

Es läſst sich hier zunächst das Bedenken aufstellen, daſs von dem Kolben, indem er sich in der die Röhre anfüllenden zusammengepreſsten Luft mit groſser Geschwindigkeit fortbewegt, der obere verschlossene Theil einen sehr bedeutenden Widerstand an der Luft finden werde, welcher die Bewegung hemme. Aber dieser Widerstand ist nicht eben sehr groſs. Stöſst nemlich die *atmosphärische* Luft eine Fläche von *a* Quadratfuſs mit *v* F. Geschwindigkeit in der Secunde, so ist der Stoſs gleich $0{,}0017583\,av^2$ Pfund. (Man sehe z. B. Band 10. dieses Journals S. 267.) Hat die Luft die Spannung oder Dichtigkeit von *n* Atmosphären, und ist also specifisch *n*mal so schwer, so beträgt der Stoſs *n*mal so viel, folglich

$$1.\quad 0{,}0017583\,nav^2 \text{ Pfund.}$$

Es bewegt sich hier zwar nicht die Luft, sondern die obere Fläche des Kol-

bens fort; was aber einerlei ist. Nun ist hier die gestofsene Fläche a erst ein Halbkreis von 14 Zoll im Durchmesser, also von 77 Q. Zoll, und dann noch der halbe Ring am untern Theile des Kolbens von 10 Q. Z. Fläche, also ist $a = \frac{87}{144} = 0{,}604$ Q. F. Nimmt man eine Geschwindigkeit von 6 Meilen in der Stunde an, so ist $v = 40$ F.; und nimmt man an, die Luft in der Röhre solle bis zu der Spannung von 6 Atmosphären zusammengepreſst sein, so ist $n = 6$. Dieses giebt zufolge (1.) einen Stofs von

$$2. \quad 0{,}0017583 . 6 . 0{,}604 . 40^2 = 10{,}195 \text{ Pfund.}$$

Dieser Widerstand von etwa 10 Pfd. ist nicht bedeutend, da der Luftwagen, um einen mäfsigen Wagenzug von nur 1000 Ctr. schwer auf horizontaler Bahn fortzuziehen, schon wenigstens 450 Pfd. Zugkraft haben mufs, von welcher die obigen 10 Pfund nur ein sehr kleiner Theil sind.

Das Obige wäre im Allgemeinen für No. IV. die Einrichtung des Kolbens und der Triebstange mit der Schöpfröhre. Wir kommen jetzt zu dem Schlitz der Triebröhre und ihrer Klappe.

8.

Der *Schlitz* oben in der Triebröhre ist für die *erste Art* der Klappe, Fig. 2. und 3., 3 Zoll breit angenommen. Die Zusammensetzung der *Klappe* zeigen Fig. 1. und 2. im Querschnitt und Fig. 3. im Längsdurchschnitt. Die Klappe ist aus 3 Zoll langen Stücken Eisen, deren je drei über einander liegen, zusammengesetzt. Das untere Stück r ist $4\frac{1}{4}$ Zoll breit, in der Mitte 6 Linien dick, unten nach dem Bogen der Röhre geformt, und legt sich in die Falze der Röhre f. Das mittlere Stück ist 18 Linien und das obere 9 Linien dick. Das mittlere Stück ist *ganz* mit starkem, dichtem Leder *umgeben,* nach Fig. 1. und 2., so dafs dieses Leder sowohl zwischen den untern und mittlern, als zwischen den mittlern und obern eisernen Stücken der Klappe liegt, desgleichen die Seiten des mittleren Stücks bedeckt; und zwar geht dieses Leder *continuirlich* durch die ganze Länge der Klappe hindurch, so dafs es also zugleich alle *Fugen* zwischen den eisernen Stücken der Klappe *zweimal* bedeckt. Die Schrauben b, mit versenkten Köpfen, pressen, mäfsig angezogen, alle drei Eisenstücke der Klappe zusammen und das zwischen ihnen liegende Leder etwas fest. So entsteht für die Klappe, die nun, zusammen mit den beiden Lederstreifen, 3 Zoll dick ist, ein *Continuum,* welches aber, so weit es nöthig, vermöge der beiden Leder *biegsam* und *dehnbar* ist. Beides ist nothwendig; denn so wie die Triebstange T mit dem Kolben K, K vorrückt,

z. B. von der Rechten nach der Linken in Fig. 3., drücken die drei Rollen *g, g, g,* welche in dem an der Triebstange *T* befestigten Arm *A* laufen, die Klappe allmälig bis *unter* die Triebstange, nemlich bis in die in Fig. 2. und 3. gezeichnete Lage *L nieder,* während zugleich die zwei Rollen *h, h* auf der *andern* Seite der Triebstange, in der *nicht* gezeichneten Hälfte des Kolbens rechts, die Klappe wieder an ihren Ort bringen. Sollte sich der Kolben blofs nach *einer* Richtung, z. B. nur von rechts nach links bewegen, so wären die Rollen *g, g, g,* nur für die linkseitige und die Rollen *h, h* nur für die rechtseitige Hälfte des Kolbens nöthig. Soll dagegen der Kolben, wie es in der Regel der Fall sein wird, hin und zurück sich bewegen können, so müssen sowohl die drei Rollen *g, g, g,* als die zwei Rollen *h, h,* an *jeder* der beiden Seiten der Triebstange vorhanden sein. Bei der Bewegung von rechts nach links sind dann nur die Rollen *g, g, g* links und die Rollen *h, h* rechts von der Triebstange *wirksam;* die Rollen *h, h* links und die Rollen *g, g, g* rechts sind *müfsig.* Bei der Bewegung in entgegengesetzter Richtung verhält es sich umgekehrt.

Da also nun die Klappe von den Rollen *g* bis in die Lage *L* Fig. 2. und 3. *unter* die Triebstange niedergedrückt wird, so mufs sie so viel, als dazu nöthig ist, *biegsam* und zugleich um so viel *dehnbar* sein, als die krumme Linie *vvv* Fig. 3. *länger* ist, als die Entfernung von dem Kolbentheile *K* bis zur Triebstange *T*. Beide Eigenschaften wird sie durch die zwischen die Eisenstücke gelegten Leder erlangen. Die Entfernung von der innern Seite von *K* bis zur linken Seite von *T* beträgt nemlich in Fig. 3. 6 F. weniger 15 und 6 Zoll, also 51 Zoll. Die Klappe wird nach Fig. 2. und 3. nicht ganz 6 Zoll tief herabgedrückt. Hienach berechnet, ist die krumme Linie, welche die Klappe in Fig. 3. bildet, etwa um *4 Linien* länger, als sie, in dem Schlitz der Röhre liegend, sein würde. Um so viel mufs sich also die Klappe *dehnen* können. Es beträgt dies, auf $\frac{51}{3} = 17$ Eisenstücke vertheilt, von einem Schraubenbolzen *b* bis zum nächsten, etwa $\frac{1}{4}$ Linie; um welche sich das Leder auf 3 Zoll lang dehnen mufs. Dies dürfte wohl geschehen, da es nur den $\frac{1}{3.12.4} = 144$ten Theile der Länge beträgt. Fürchtete man etwa, dafs dies noch zu viel sein werde, so dürfte man den Kolben nur noch länger als 12 F. machen. Doch wird man die Befürchtung ungegründet finden, wenn man erwägt, dafs sich bei der Dubliner Klappe das Leder sogar scharf um die Ecke fortwährend um einen Winkel von 45 Graden biegen mufs, und wirklich biegt; welches eine bei weitem stärkere Dehnung und Wiederzusammenziehung erfordert.

Die ***Biegsamkeit*** erhält die Klappe dadurch, dafs die einzelnen Eisenstücke, wie es die Zeichnung andeutet, der Länge noch nicht ganz scharf zusammenstofsen, sondern Fugen zwischen sich lassen, die etwa ¼ Linie breit sein müssen. Durch diese Fugen wird allerdings von oben etwas Nässe in die Klappe bis auf das obere Leder hineindringen können; aber dies ist um so weniger von Belang, da die Nässe durch den Gebrauch und die Biegung der Klappe immer bald wieder hinausgepreſst wird. Die Klappe wird also auch nicht, wie die Dubliner, noch einen besonderen Schutz gegen Regen und Schnee von oben nöthig haben, sondern es wird hinreichend sein, den obern Eisenstücken *e* Fig. 1. und 2. eine kleine Abdachung zu geben, damit das Wasser abfliefsen könne.

9.

Die den ***luftdichten Verschluſs*** der Klappe bezweckende Anordnung zeigen ebenfalls Fig. 1. und 2. Auf die obere gerade Fläche der Ränder der gegossenen Triebröhre sind nemlich zu beiden Seiten des Schlitzes zunächst eiserne, 6 Linien dicke, 3 Zoll breite Stangen *m, m* gelegt, oben, unten und nach innen von Leder umgeben. Auf diesen Stangen *m, m* liegen andere, 16 Linien hohe eiserne Stangen *n, n*, jede mit einem Ausschnitt *l*. Die Stangen *m* und *n* werden unter einander und mit der Triebröhre durch die Schraubenbolzen *p, p* fest zusammengeschraubt und dadurch zugleich die Lederstreifen zwischen ihnen eingepreſst.

In die Ausschnitte *l, l* der obern Stangen *n, n* sind zwei ***lederne luftdichte Röhren*** gelegt, welche die Ausschnitte ganz ausfüllen. In diese Röhren wird ***Luft gepreſst***, bis zu einer Spannung, welche die der Luft in der Triebröhre etwa um eine Atmosphäre ***übersteigt.*** Vermöge dieser Pressung werden sich die Wände der ledernen Röhre ***oben, unten*** und nach ***aufsen*** fest an das sie umgebende Eisen legen: die Wände *q* Fig. 2. nach innen dagegen werden gegen das Leder der ***Klappe*** gepreſst. Befindet sich die Klappe ***in*** dem Schlitz, wie in Fig. 1., so preſst sie die innere Wand *q* der ledernen Röhre *l* gerade: befindet sie sich dagegen ***aufserhalb*** des Schlitzes, wie in Fig. 2., so preſst die Luft in *l* die Wand bogenförmig hinaus und in den Schlitz hinein; nach *q, q* Fig. 2. Diese Form behält sie, bis die Klappe wieder den Schlitz füllt und die Wand wieder gerade preſst. Da nun die Wand *q* um eine Atmosphäre ***stärker*** gegen die Klappe gepreſst wird, als die Kraft, mit welcher die Luft aus der Triebröhre, wenn sie ja bis nach *q* durchdringen sollte, sie zurückdrücken würde, so kann die Luft aus der Röhre nicht

durch die Fuge dringen, und die lederne Röhren *l, l* verschliefsen die Klappe nothwendig *luftdicht.*

Eine starke *Abnutzung* des Leders am Verschlusse ist schwerlich zu fürchten, da nur Leder auf Leder sich reibt; und nur langsam; auch nur auf einige Zoll breit. Allem Anschein nach läfst sich also dieser Art des Verschlusses, *ohne* eine *jedesmal flüssig zu machende Verdichtungmasse, vollkommene Luftdichtigkeit* zutrauen. Ob es gut sein werde, das sich reibende Leder durch Öl geschmeidig zu erhalten, oder es trocken bleiben zu lassen, würde die Erfahrung lehren müssen.

10.

Die *zweite* Anordnung der Klappe und ihres Verschlusses machen Fig. 4., 5. und 6. vorstellig. Hier besteht die Klappe wieder, ganz wie bei der ersten Art, aus 3 Zoll langen, über einander gelegten Eisenstücken; nur mit dem Unterschiede, dafs die mittleren, ganz von Leder umgebenen Stücke nicht fest, sondern *hohl* sind. Sie haben oben und unten feste Böden, nach den Seiten des Schlitzes hin durchbrochene Wände, wie es Fig. 6. zeigt, und nach der Länge der Klappe hin gar keine Wände. So bildet das die mittleren Stücke umgebende Leder eine fortlaufende lederne *Röhre,* in welche nun Luft gepreſst wird, mit einer Spannung, die wieder um etwa eine Atmosphäre stärker ist, als die der Luft in der Triebröhre. Die hier gegen die mittleren Stücke der Klappe treffenden, an drei Seiten mit Leder umgebenen untern Stücke *m, m* auf der Triebröhre sind, eben so wie die obern Stücke *n, n,* anders wie bei der ersten Art, fest, und ohne weitere Erklärung ist leicht zu sehen, dafs eine ähnliche Wirkung erfolgen wird, wie bei der ersten Art. Befindet sich die Klappe *aufserhalb* des Schlitzes, wie in Fig. 5., so bläht sich die lederne Röhre, welche die mittleren Stücke der Klappe umgiebt, wie bei *q, q* Fig. 5., bogenförmig auf: befindet sich dagegen die Klappe *in* dem Schlitz, nach Fig. 4., so preſst die Luft in der Klappenröhre die Wände *q, q* stark gegen das Leder der Schlitzwandstücke *m, m* und verschliefst so die Klappe luftdicht. Alles Übrige ist Dasselbe, wie bei der ersten Art. Welche von den beiden Arten der Klappe und ihres Verschlusses die bessere sei, würde wieder die Erfahrung lehren müssen. Dafs beide Arten einen vollkommen luftdichten und lange haltbaren Verschluſs geben werden, ist sehr wahrscheinlich. Den luftdichten Verschluſs der Klappe insbesondere dadurch hervorzubringen, dafs man zusammengepreſste Luft die Wand einer ledernen Röhre

gegen eine andere feste Wand pressen läfst, ist eine Nachahmung des Vorschlages des Herrn *Hallette* zu einem andern luftdichten Verschlufs der Längsklappe der Triebröhre bei atmosphärischen Eisenbahnen; nur würde bei der gegenwärtigen Art die Reibung und die Abnutzung geringer sein.

11.

Wie in §. 6. bis 10. beschrieben, würde es sich mit No. IV. (§. 4.) verhalten.

Für No. II., wo ebenfalls die Luft in der Triebröhre *zusammengepreſst* werden soll, aber nicht gleich vom Anfang in der *ganzen* Röhre, sondern nur *hinter* dem Kolben, ändert sich an der Einrichtung von No. IV. nichts weiter, als dafs hier die *Kolbenköpfe* ***K, K*** Fig. 3. an den Enden des Kolbens nicht mehr blofs die obere *Hälfte* der Triebröhre, sondern ihren *ganzen* Querschnitt verschliefsen, dafs die Saugröhren ***S, S*** in der Triebstange ***T*** wegfallen, so dafs diese Stange nicht mehr hohl, sondern fest ist, also hier dünner und weniger schwer sein kann, und dann, dafs auch der feste Boden ***BB*** (Fig. 3.) im Kolben wegfällt und die Kolbenköpfe, statt durch ihn, blofs durch zwei starke eiserne Stangen und vielleicht noch durch eine dritte, mitten unter den beiden, mit einander verbunden werden. Nach den beiden obern Stangen biegt sich die untere, wieder gabelförmige Triebstange hin, und die Stangen tragen zugleich die Rollen ***h, h***. Die Längsklappe und ihr Verschlufs, nach der einen oder der andern der oben beschriebenen Arten, bleibt völlig dieselbe. Die Construction von II. ist also im wesentlichen die von No. IV., aber einfacher.

12.

Auch die Construction für No. I., nemlich für die eigentlich sogenannte atmosphärische Eisenbahn mit *verdünnter* Luft *vor* dem Kolben, geht unmittelbar und durch eine blofse Vereinfachung aus der von No. IV. hervor. Auch hier verschliefsen wieder die Kolbenköpfe ***K, K*** nicht, wie bei No. IV., blofs den *halben* Querschnitt der Triebröhre, sondern, wie bei No. II. (§. 11.), den *ganzen* Querschnitt. Der feste Boden ***BB*** fällt weg und die Kolbenköpfe werden, statt durch ihn, durch drei starke eiserne Stangen mit einander verbunden, deren obere die Triebstange fafst und zugleich die zum *Heben* der Klappe nöthigen Rollen trägt. Auch die Saugröhren ***S, S*** in der Triebstange fallen weg und die Stange ist nicht mehr hohl, sondern fest, und kann dünner

und leichter sein. Die Einrichtung der Längsklappe und ihres Verschlusses ist ebenfalls, nach der einen oder der andern der oben beschriebenen Arten, im *wesentlichen* der bei No. IV. im Princip gleich, und bekommt nur, weil hier die Klappe nicht *von innen nach aufsen*, sondern von *aufsen nach innen* von der Luft angedrückt wird, die dazu nöthigen Veränderungen, die auch ohne besondere Zeichnungen und Erörterungen leicht zu erachten sind. Die beiden Luftröhren *l, l* in Fig. 1. und 2. und die eine in Fig. 4. und 5. liegen nemlich hier tiefer in den Falzen *f, f*, und befinden sich aufsen statt innen. Die Triebstange biegt sich nicht *innerhalb* der Triebröhre *halb* um die Klappe herum, sondern *aufserhalb* der Röhre, dicht über den Lippen des Schlitzes, *ringförmig ganz*, so dafs die Klappe wie durch ein Loch in der Triebstange durch dieselbe hindurchgeht. Die Rollen *g, g, g* endlich, welche hier die Klappe *aufheben* müssen, befinden sich im *Innern* der Triebröhre an der Stelle der Rollen *h, h* Fig. 3. und werden von der obern, mittlern, die Kolbenköpfe verbindenden Stange getragen; die Rollen *h, h* dagegen, welche die Klappe wieder andrücken, befinden sich *aufserhalb* der Triebröhre und werden entweder von einem Arm *A* an der Triebstange, oder sonst von dem vordern Wagen getragen.

13.

Die Construction von No. III. stellen die Figuren 7., 8. und 9. vor.

Auf die Querhölzer *Q, Q*, welche die Schienen der Eisenbahn tragen, werden in der Mitte zwischen den Bahnschienen, 1 F. von einander entfernt, 9 Zoll breite, 6 Zoll dicke Längshölzer *L, L* gekämmt. Auf diese Längshölzer wird ein $2\frac{3}{4}$ F. breiter Boden *B, B* aus 2 Zoll dicken, 4 Zoll breiten, gespundeten, oben ganz glatt behobelten eichenen Bohlen gelegt, die auf die Längshölzer *L, L* nicht *angenagelt*, sondern jede auf jeden Längsbalken mit zwei Holzschrauben mit versenkten Köpfen *angeschraubt* sind. Dieses, und dafs man den Bohlen nur die geringe Breite von 4 Zoll gebe, ist nöthig, damit sich die Bohlen nicht *werfen* können und der Boden stets völlig eben und glatt bleibe.

Die Triebröhre *T*, welche durch die eingetriebene Luft vor dem Triebrade *R* aufgebläht werden soll, um dadurch das Rad und den Wagenzug fortzutreiben, ist aus starkem Leder gemacht. In Fig. 7. sieht man, im Längsdurchschnitt, wie sich die Röhre vor dem Rade allmälig aufbläht; in Fig. 8. sieht man sie ganz aufgeblasen im Querschnitt, und in Fig. 9., wie sie ganz zusammengefalzt und unaufgebläht unter dem Rade liegt. *w, w* sind lederne,

an der Röhre innerhalb befestigte, 1 Zoll, oder auch noch etwas mehr im Durchmesser haltende Wulste, deren Zweck ist, zu verhindern, dafs das Leder der Röhre, wenn das Rad sie auf dem Boden zusammenpreſst, nicht zu scharfe Biegungen machen dürfe, durch welche es bald brüchig werden würde. Die Röhre ist 2 F. im Lichten weit und 6 Zoll hoch angenommen, so dafs sie *Einen Quadratfufs* lichten Querschnitt hat. Soll sie etwa gröfser oder kleiner sein, so ändert sich danach die Breite des Bodens *BB*. Doch wird die Röhre nicht leicht *gröfser* nöthig sein. Mit 1 Q. F. Querschnitt bringt schon, wie sich weiter unten zeigen wird, eine mäfsige Luftspannung so viel Triebkraft hervor, als je nöthig sein kann. Immer aber wird es gut sein, die Röhre *viel breiter als hoch* und also möglichst *niedrig* zu machen; nemlich damit die Biegung vor dem Rande bei *b* Fig. 7. so gering als möglich sei.

Die *untere* Fläche oder der *Boden* der ledernen Röhre ist auf den hölzernen Boden *BB* durch Nägel mit breiten, flachen und dünnen Köpfen befestigt, und zwar in *schräg* quer über den Boden laufenden Linien, damit das Rad immer *nur auf einen* Nagel zugleich treffe. Auf der *obern* Fläche oder der *Decke* der Röhre sind dicht neben einander, nur etwa $\frac{1}{4}$ Linie von einander entfernt, eiserne, 2 Zoll breite, $\frac{3}{4}$ Zoll dicke und 2 F. 8 Zoll lange eiserne Schienen *ss* mittelst durchgehender Niete befestigt, welche oben und unten dünne, flache Köpfe haben, die wieder möglichst nicht ganz in geraden querüber laufenden Linien sich befinden. Auf diese Schienen rollt das Triebrad hin.

Das Triebrad *R* besteht aus *drei* Rädern neben einander, jedes 4 Zoll breit und jedes der äufsern $7\frac{1}{2}$ Zoll von dem mittleren entfernt (Fig. 9.). Alle drei stecken auf derselben Achse fest und befinden sich in der Mitte der Breite und der Länge des vordern Zugwagens. Sie sind in der Zeichnung, gleich den Triebrädern am Dampfwagen, 5 F. im Durchmesser angenommen.

Man sieht aus dieser Beschreibung, dafs der in §. 4. No. III. gedachte Vorschlag des Ungenannten zu einer durch Luft aufzublähenden Triebröhre auf Eisenbahnen ganz wohl practisch ausführbar sein dürfte.

14.

Der *Luftwagen* für No. V. §. 4. würde, was die Cylinder, die Kolben, das Gleitventil, die Kurbeln an der Trieb-Achse, die Lenkung, die Vorrichtungen um vor- und rückwärts zu fahren, und die Triebräder betrifft, genau *dieselbe* Einrichtung bekommen, welche alle diese Theile an den *Dampfwagen*

haben. Nur fallen hier der Schornstein, der Dampfkessel und die Esse weg, und an deren Stelle treten Behälter für die *zusammengepreſste Luft*, deren Spannung hier die bewegende Kraft ist, statt der Spannung des Dampfes.

Die Hauptfrage ist, ob sich eine hinreichende Masse zusammengepreſster Luft, von einer nicht gefahrbringenden Spannung, und ohne daſs der Wagen gar zu schwer wird, mit fortführen lasse, um durch ihre Spannkraft unter den verschiedenen Umständen einen hinreichend beträchtlichen Wagenzug eine namhafte Strecke Weges fortzutreiben. Diese Frage wird weiter unten erörtert werden. Wir setzen hier einstweilen bei der Beschreibung der Anordnung des Wagens die *Möglichkeit* davon voraus.

Es kommt zunächst auf die den Luftbehältern zu gebende *Form* an. Offenbar würde die *Kugelform* die beste sein, weil die Kugel einen Raum mit der geringsten Fläche einschlieſst und also die wenigste Eisenmasse und das geringste Gewicht hat. Aber kugelförmige Luftbehälter, möge man nur einen machen, oder die Luft auf mehrere Kugeln vertheilen, würden sich nur unbequem auf den Wagen laden und darauf befestigen lassen. Besser dürfte es sein, den Behältern die *Cylinderform mit halbkugelförmigen Böden* zu geben.

Es fragt sich weiter, ob es besser sein werde, *nur einen*, grofsen Behälter zu machen, oder die Luft auf *mehrere* Behälter von der eben beschriebenen Form zu vertheilen. Für die nöthige Eisenmasse, und folglich für die Kosten und das Gewicht, ist beides ungefähr *gleich*. Denn die zum Widerstande gegen eine gleiche Luftspannung nöthige Dicke des Eisens nimmt in geradem Verhältnifs des Durchmessers des Cylinders zu; der Umfang des Cylinders ebenfalls: also mufs die *Masse* der *Wände* des Cylinders in geradem Verhältnifs des *Quadrats* des Durchmessers zunehmen. *In demselben* Verhältnifs nimmt der *Raum-Inhalt* des Cylinders zu, und folglich ist es in Absicht des Gewichts und der Kosten ungefähr *gleich*, ob man die Luft in *nur einen*, oder in *mehrere* Behälter einschlieſst. Aber ein einzelner, grofser Cylinder hat Unbequemlichkeiten beim *Aufladen* und bei der *Befestigung*, und aufserdem auch die Schwierigkeit, ihn aus so dickem Eisen zu *verfertigen*, als nöthig sein würde. *Mehrere* Cylinder sind daher schon deshalb besser, als *einer;* aus andern Ursachen aber (weiter unten) sind sie *nothwendig*. Es wird wahrscheinlich am angemessensten sein, den Cylindern, welche man 15 bis 20 F. lang machen könnte, nur 1, höchstens 2 Fufs lichten Durchmesser zu geben. Solche Cylinder würden 15 bis 60 Cub. F. Raum-Inhalt haben. Quer über den Wagen würden drei oder vier senkrechte Wände von Holz

mit kreisförmigen Ausschnitten zu errichten sein, in welche Ausschnitte die Cylinder gelegt werden; oder man könnte auch die Cylinder durch eiserne Gitterwerke unterstützen.

Aber aufser diesen Cylindern mufs noch *ein zweiter, kleinerer* Behälter vorhanden sein. Da nemlich die Spannung der zusammengepreſsten Luft in dem grofsen Behälter anfangs vielleicht *bei weitem* stärker sein wird, als gerade am Anfange zum Forttreiben der Kolben in den Cylindern der Maschine nöthig ist, auch die Spannung allmälig *abnimmt,* so wie die Luft nach und nach verbraucht wird, mithin einerseits die Spannung abnehmend *veränderlich* ist, während andrerseits die Stärke der Kraft, welche die Kolben in den Cylindern bedürfen, nach einer ganz andern, von der Spannung der Luft in dem grofsen Behälter *unabhängigen* Regel sich abwechselnd ändert, je nachdem der Wagenzug bergan, oder horizontal, oder bergab zu treiben ist: so darf die Luft aus dem grofsen Behälter durchaus nicht *unmittelbar* auf die Kolben in den Maschinen-Cylindern geleitet werden, sondern man mufs sie erst in einen andern kleinen Behälter treten lassen, in welchem ihr diejenige Spannung gegeben wird, die gerade jede Wegestrecke fordert; was leicht durch einen Hahn in der Röhre geschehen kann, welche die Cylinder mit dem kleinern Behälter verbindet. Diesen Hahn lenkt die Hand des Wagenführers. Der Führer öffnet ihn ein wenig, so wie die Geschwindigkeit verstärkt werden soll, und verschliefst ihn ein wenig mehr, wenn die Bewegung zu mäfsigen ist. Er verschliefst ihn *ganz,* sobald die Fahrt *so stark* bergab geht, dafs die Kraft der Schwere allein den Wagenzug forttreibt. Hier findet sich dann auch noch, wie sich weiter unten zeigen wird, der vortheilhafte, eigenthümliche Umstand, dafs, wenn der Abhang der Bahn so sehr stark ist, dafs die Schwere *mehr* Triebkraft hervorbringt, als zur Fortbewegung nothwendig ist, die Maschine selbst von aufsen Luft in den kleinen Behälter wieder *einpreſst,* und also der Überschufs der bergabtreibenden Kraft, wenigstens zum Theil, *während* der Fahrt für die folgenden Strecken *benutzt* wird: ein Vortheil, der der Bewegung durch *Dampfkraft* ganz abgeht. Der zweite kleine Behälter wird hinreichend grofs sein, wenn er etwa 50 bis 60 Triebcylinder voll Luft faſst.

Da man Luft von der *stärksten* Spannung bis ans *Ende* der Fahrt nöthig haben kann, so müssen die Cylinder, welche die zusammengepreſste Luft enthalten, nicht alle, sondern nur theilweise unter *einander,* und dann diese Theile *einzeln* mit dem kleinen, die Spannung nach Bedürfnifs regelnden Be-

hälter in Verbindung stehen, so dafs sich die Cylinder allmälig *gruppenweise* ausschöpfen lassen, bis zuletzt nur noch einige, und wenigstens ein Cylinder voll Luft von der *stärksten* Spannung übrig bleibt.

Dieses ungefähr wäre die Beschreibung der in §. 4. aufgezählten Constructionen zu der verschiedenartigen Benutzung der Spannung der Luft als bewegende Kraft auf Eisenbahnen. Wir hoffen und glauben, dafs die Beschreibung zunächst die *technische Ausführbarkeit* der verschiedenen Constructionen nachgewiesen haben werde, und schreiten also nun zu der Berechnung und Vergleichung der Wirkungen der verschiedenen Anordnungs-Arten. Diese Berechnungen werden weniger unsicher sein, als es wohl sonst häufig in der Technik der Fall ist, da, wo man zu dem Resultate nicht anders gelangt, als mit Hülfe von mehr oder weniger *Hypothesen.* Hier kommen dergleichen beinahe nicht vor; vielmehr gehen die Rechnungen fast nur von unbestrittenen Sätzen der Mechanik und Physik aus, und die Neben-Einflüsse auf die Resultate, welche ohne Hypothesen nicht in Rechnung zu bringen sein würden, sind nicht so bedeutend, dafs sie die Resultate wesentlich ändern könnten.

IV. Verdünnung und Verdichtung der Luft in der Triebröhre.

15.

Eine erste Frage wäre für No. I. und II. §. 4., ob es *vortheilhafter* sei, die Luft *vor* dem Kolben in der Triebröhre *auszupumpen*, oder vielmehr zu *verdünnen*, oder, sie *hinter* dem Kolben *zusammenpressen;* nemlich: welches von beiden den *geringsten Kraft-Aufwand* erfordere. Für die *Wirkung* ist es offenbar gleich, man mag die Luft *vor* dem Kolben bis z. B. auf *eine halbe* Atmosphäre Spannung *verdünnen*, oder sie hinter dem Kolben bis auf *anderthalb* Atmosphären Spannung *verdichten;* der *Ueberschufs*, und folglich die bewegende Kraft, ist in beiden Fällen *eine halbe* Atmosphäre.

Wird die Luft vor dem Kolben ausgepumpt, so mufs es zunächst *vor* dem Anfange der Bewegung, und also aus der *ganzen* Röhre geschehen. Zugleich mufs die während *dieser* Zeit, also schon *vor* dem Anfange der Bewegung durch das immer nicht *vollkommen* dichte Längsventil wieder eindringende Luft ausgehoben werden. Dann aber mufs ferner auch *während* der Bewegung des Kolbens die Luft vor demselben, nebst der wiederum durch die Klappe während der Bewegung eindringenden Luft, ausgepumpt werden; und zwar *gerade so schnell*, als die Bewegung erfolgt; denn unterbliebe *dieses*

Auspumpen, so würde, da der Raum vor dem Kolben nicht *luftleer* war, sondern noch Luftmasse enthielt, diese, so wie der Kolben fortrückt, wieder verdichtet werden, und also die bewegende Kraft stetig *abnehmen.* Wäre z. B. die Luft vor dem Anfange der Bewegung bis auf eine halbe Atmosphäre Spannung ausgepumpt gewesen, so würde die übrig gebliebene Luft, nachdem der Kolben seinen *halben Weg* zurückgelegt hat, wieder bis auf eine ganze Atmosphäre verdichtet sein und also die bewegende Kraft dann schon auf dem halben Wege aufhören.

Wird dagegen die Luft *hinter* dem Kolben *verdichtet,* so mufs es so schnell geschehn, dafs die Luft in dem stets zunehmenden Raume hinter dem Kolben immer diejenige Spannung bekommt, die zu der Triebkraft des Kolbens nöthig ist.

Nehmen wir an, es seien μ Atmosphären Triebkraft nöthig und der Raum-Inhalt der Triebröhre $= p$, so müssen, wenn man die Luft *vor* dem Kolben verdünnt, erst vor dem Anfange der Bewegung μp Cub. F. Luftmasse aus der Röhre gepumpt werden, wozu τ Secunden Zeit nöthig sein mögen, und dann *während* der Bewegung, welche t Secunden dauern mag, der *Rest* der Luftmasse. Zusammen also müssen immer, welcher echte Bruch auch μ sein mag, zusammen p Cub. F. atmosphärische Luft ausgepumpt werden, auch aufserdem noch diejenige, welche während der Zeit $\tau + t$ durch die Klappe wieder eindringt.

Wird dagegen die Luft hinter dem Kolben verdichtet, so mufs in der Zeitdauer t der Bewegung $(1+\mu)p$ Cub. F. Luft eingepumpt werden, und dann noch die, welche in der Zeit t während der Bewegung durch das Ventil wieder entweicht.

Hiernach wäre die zu dem Einen und dem Andern nöthige *Kraft* zu berechnen.

a. Erster Fall. Das Auspumpen der Luft aus der Triebröhre.

16.

Beim Anfange des Auspumpens hat die Luft in der Triebröhre die Spannung der Atmosphäre 1, und es befinden sich in der Röhre p Cub. F. atmosphärische Luft. Von dieser Luft sind *vor* dem Kolben μp Cub. F. auszupumpen, damit die Luft *hinter* dem Kolben das *Uebergewicht* μ bekomme. Da aber weiter unten der Fall zu erwägen sein wird, wo in einem auszupumpenden Raum beim Anfange der Bewegung *die Luft schon verdünnt ist,* so setzen wir, um diesen Fall sogleich mit zu umfassen, die Luft habe

schon Anfangs nicht mehr die Spannung 1, sondern nur noch die Spannung $1-\lambda$, so als wenn schon λp Cub. F. ausgepumpt wären und nun das Auspumpen so lange fortgesetzt werden sollte, bis die Spannung *vor* dem Kolben nur noch $1-\mu$ beträgt. Die Anwendung auf den gegenwärtigen wirklichen Fall geschieht dann blofs dadurch, dafs man $\lambda = 0$ setzt.

A. Beim Anfange des Auspumpens also hat angenommenermafsen die Luft in der Röhre die Spannung und folglich die Dichtigkeit $1-\lambda$, und es befinden sich also in der Röhre $(1-\lambda)p$ C. F. atmosphärische Luft. Setzt man den Raum-Inhalt eines Kolbenhubes $= k$, so nimmt der erste Kolbenhub $k(1-\lambda)$ C. F. atmosphärische Luft aus der Röhre hinweg. Es bleiben demnach noch $p(1-\lambda)-k(1-\lambda)=(1-\lambda)(p-k)$ Cub. F. übrig, welche in den Raum p verbreitet sind. Die Luft in der Röhre hat also nach dem *ersten* Kolbenhube nur noch die Dichtigkeit $(1-\lambda)\frac{p-k}{p}$. Demnach nimmt der zweite Kolbenhub $(1-\lambda)(p-k)\frac{k}{p}$ atmosphärische Luft hinweg und es bleiben noch $(1-\lambda)(p-k)-(1-\lambda)(p-k)\frac{k}{p}=(1-\lambda)(p-k)\left(1-\frac{k}{p}\right)=(1-\lambda)\frac{(p-k)^2}{p}$ übrig, welche in dem Raum p verbreitet sind. Die Luft in der Röhre hat also nach dem *zweiten* Kolbenhube noch die Dichtigkeit $(1-\lambda)\left(\frac{p-k}{p}\right)^2$, und folglich nimmt der dritte Kolbenhub $(1-\lambda)\left(\frac{p-k}{p}\right)^2 k$ atmosphärische Luft hinweg, und es bleiben noch $(1-\lambda)\frac{(p-k)^2}{p}-(1-\lambda)\frac{(p-k)^2}{p}\cdot\frac{k}{p}=(1-\lambda)\frac{(p-k)^2}{p^2}$ atmosphärische Luft übrig. Die Luft nach dem *dritten* Kolbenhube hat in der Röhre noch die Dichtigkeit $(1-\lambda)\left(\frac{p-k}{p}\right)^3$. Und so weiter. Nach n Kolbenschlägen bleiben demnach noch

3. $(1-\lambda)p\left(\frac{p-k}{p}\right)^n$ C. F. atmosphärische Luft

in der Röhre übrig, von

4. $(1-\lambda)\left(\frac{p-k}{p}\right)^n$ Spannung oder Dichtigkeit.

Nun soll die Spannung der Luft in der Röhre bis auf $1-\mu$ gebracht werden, damit der Kolben die Triebkraft μ bekomme: also mufs

5. $1-\mu=(1-\lambda)\left(\frac{p-k}{p}\right)^n$

sein, woraus $\sqrt[n]{\left(\frac{1-\mu}{1-\lambda}\right)}=\frac{p-k}{p}=1-\frac{k}{p}$ und

6. $k=\left(1-\sqrt[n]{\left(\frac{1-\mu}{1-\lambda}\right)}\right)p$, oder auch $p-k=p\sqrt[n]{\left(\frac{1-\mu}{1-\lambda}\right)}$

folgt, wenn λ und n nächst p und μ gegeben sind; desgleichen $\log(p-k) = \frac{1}{n}[\log(1-\mu)-\log(1-\lambda)]+\log p$, also

$$7. \quad n = \frac{\log(1-\lambda)-\log(1-\mu)}{\log p-\log(p-k)},$$

wenn λ und k nächst p und μ gegeben sind.

Für den hier vorhandenen Fall $\lambda = 0$ giebt (6. und 7.)

$$8. \quad p-k = \sqrt[n]{p(1-\mu)} \text{ und}$$

$$9. \quad n = \frac{-\log(1-\mu)}{\log p-\log(p-k)}.$$

Die Triebröhre der Dubliner Eisenbahn hat nach Herrn *Mallet* 15 Engl. Zoll im Durchmesser und ist 2490 Yards lang, enthält also 9171 C. F. Engl. oder 8400 C. F. Pr. Für das Eindringen der Luft durch die Längsklappe während des Ausschöpfens werde nach Herrn *Samuda* 5 pr. C. also 420 C. F. gesetzt; also ist $p = 8820$. Die dortige Luftpumpe macht nach Herrn *Mallet* 22 Schläge in der Minute. Soll also die Röhre durch sie z. B. bis auf $1-\mu = \frac{1}{2}$ Atmosphären Spannung in 5 Minuten, folglich durch 110 Kolbenschläge ausgeschöpft werden, so müfste nach (8.) $p-k = \sqrt[110]{p\frac{1}{2}}$ sein. Dies giebt $k = 56$; also müfste der Luftpumpenstiefel 56 C. F. Raum-Inhalt haben. Für $n = 66$, oder wenn die Luft in 3 Minuten ausgeschöpft werden soll, ergiebt sich $k = 93$; für die Ausschöpfung in 2 Minuten $k = 138$. Der dortige Luftpumpenstiefel hat nach Herrn *Mallet* 67 Zoll Engl. im Durchmesser und 66 Zoll Hub, also 123 C. F. Preufs. Inhalt. Folglich kann durch denselben in etwas mehr als 2 Minuten die Luft aus der Triebröhre bis auf etwa $\frac{1}{2}$ Atmosphären Spannung ausgeschöpft werden; was auch bei den Versuchen des Herrn *Mallet* ungefähr geschehen ist.

B. Nachdem *vor* dem Anfange der Bewegung des Wagenzuges die Luft in der Triebröhre durch das Auspumpen von der Spannung $1-\lambda$ auf die Spannung $1-\mu$ gebracht worden ist, müssen nun weiter *während* der Fahrt die noch übrigen $(1-\mu)p$ Cub. F. atmosphärische Luft herausgezogen werden. Soll sich der Wagenzug auf einerlei Abhang mit *gleichförmiger* Geschwindigkeit bewegen, so mufs die Luft in der Triebröhre stets *dieselbe* Spannung behalten; denn nähme ihre Spannung ab, oder zu, so würde sich der Wagenzug geschwinder oder langsamer, also *ungleichförmig* bewegen. Jeder Kolbenhub mufs also jetzt $(1-\mu)k$ C. F. atmosphärische Luft hinwegnehmen, und folglich ist die Zahl der Kolbenschläge, welche die noch übrigen

$(1-\mu)p$ Cub. F. Luft hinwegnehmen müssen, und welche n_1 sein mag,

$$10. \quad n_1 = \frac{(1-\mu)p}{(1-\mu)k} = \frac{p}{k}.$$

In dem obigen Beispiel an der Dubliner Eisenbahn, wo $p = 8820$ und $k = 123$ war, giebt dies $n_1 = \frac{8820}{123} = 72$, und da die Luftpumpe 22 Schläge in der Minute machte, so mufste die Fahrt $\frac{72}{22} = 3\frac{3}{11}$ Minuten dauern; was ebenfalls bei den Versuchen des Herrn *Mallet* ungefähr der Fall gewesen ist.

C. Für den $n$ten Kolbenschlag, oder *vor* demselben, beträgt die Dichtigkeit oder Spannung der Luft in der Triebröhre noch $(1-\lambda)\left(\frac{p-k}{p}\right)^{n-1}$ (4.). Von innen also drückt die Luft auf den Kolben der Luftpumpe mit der Spannung $(1-\lambda)\left(\frac{p-k}{p}\right)^{n-1}$, von aufsen mit der Spannung 1 auf die Einheit der Fläche. Bezeichnet man daher die Fläche des Kolbens durch $\varkappa$ und durch σ den Druck der Atmosphäre in Pfunden auf die Einheit der Fläche, so sind

$$11. \quad \varkappa\sigma\left[1-(1-\lambda)\left(\frac{p-k}{p}\right)^{n-1}\right] \text{ Pfund Kraft}$$

nöthig, um den Kolben zu heben. Bezeichnet h die Höhe des Kolbenhubes, v die Geschwindigkeit des Kolbens oder den Raum, welchen er in 1 Sec. durchläuft, und τ die Zahl der Secunden, welche auf einen Kolbenschlag vergehen, so dafs $v = \frac{h}{\tau}$ ist, so giebt die Kraft (11.), mit v multiplicirt, das *Moment* dieser Kraft für *1 Secunde*, und noch mit τ, also im Ganzen mit $v\tau = h$ multiplicirt, das Moment für *einen Kolbenschlag*. Es ist also, da $h\varkappa = k$ ist,

$$12. \quad h\varkappa\sigma\left[1-(1-\lambda)\left(\frac{p-k}{p}\right)^{n-1}\right] = k\sigma\left[1-(1-\lambda)\left(\frac{p-k}{p}\right)^{n-1}\right]$$

das *Moment der Kraft für einen Kolbenschlag*. Dieses Moment bleibt dasselbe, wenn auch die Kolbenschläge *nicht* gleich geschwind geschehen, denn es ist die Kraft (11.) immer *mit* h zu multipliciren, was auch τ und v sein mögen.

Das *gesammte* Moment für die n Kolbenschläge, welches durch M_1 bezeichnet werden mag, ist die *Summe der Reihe*, welche sich ergiebt, wenn man in (12.) $n = 1, 2, 3 \ldots n$ setzt. Diese Summe ist

$$M_1 = k\sigma\left[n-(1-\lambda)\left(1-\left(\frac{p-k}{p}\right)^n\right):\left(1-\frac{p-k}{p}\right)\right] \text{ oder}$$

$$13. \quad M_1 = k\sigma\left[n-(1-\lambda)\frac{p}{k}\left(1-\left(\frac{p-k}{p}\right)^n\right]\right.$$

Hierin aus (6.) $\left(\frac{p-k}{p}\right)^n = \frac{1-\mu}{1-\lambda}$ gesetzt, giebt

$$M_1 = k\sigma\left[n-(1-\lambda)\frac{p}{k}\left(1-\frac{1-\mu}{1-\lambda}\right)\right] = k\sigma\left[n-(1-\lambda)\frac{p}{k}\left(\frac{\mu-\lambda}{1-\lambda}\right)\right], \text{ oder}$$

$$14. \quad M_1 = \sigma[kn - p(\mu-\lambda)].$$

Dieses ist das Moment der nöthigen Kraft, um in der Triebröhre die Luft durch *Ausschöpfen* von der Spannung $1-\lambda$ auf die Spannung $1-\mu$ zu bringen, in Fufsen und Pfunden. Da n in (7.) durch p, k, μ und λ bestimmt wird, so wird auch M_1 in (14.) durch p, k, μ, λ und σ, also durch die Gröfse p der Triebröhre, durch den Raum-Inhalt k eines Kolbenhubes der Luftpumpe, welcher gegeben sein wird, und durch die verlangten Spannungen λ und μ der Luft in der Triebröhre allein bestimmt.

Der Druck der atmosphärischen Luft σ auf eine Fläche ist dem einer Wassersäule von etwa 30 F. hoch, also für 1 Quadratfufs dem Gewicht von 30 Cub. F. Wasser zu 66 Pfd. gleich, mithin ist

$$15. \quad \sigma = 30.66 = 1980 \text{ Pfd.} = 18.110 \text{ Pfd.} = 18 \text{ Ctr.}$$

Will man das Moment M_1 mit *Pferdekräften* vergleichen, also entweder wissen, wieviel *Pferdekräfte* nöthig sind, um das Ausschöpfen in einer bestimmten Zeit von τ Secunden zu verrichten, oder in welcher Zeit τ eine Maschine von m_1 Pferdekräften das Ausschöpfen vollendet, so mufs man das Moment dieser m_1 Pferdekräfte *für eine Secunde* mit der Zahl τ der Secunden, welche die Ausschöpfung währt, multipliciren. Das Moment einer Pferdekraft *für eine Secunde*, welches durch φ bezeichnet werden mag, beträgt, in Fufsen und Pfunden wie M_1 ausgedrückt,

$$16. \quad \varphi = 120.3\tfrac{1}{3} = 400;$$

denn ein Pferd vermag 120 Pfund in einer Secunde $3\frac{1}{3}$ F. hoch zu heben. Man erhält also die Gleichung

$$17. \quad M_1 = m_1\varphi\tau = \sigma[kn - p(\mu-\lambda)],$$

und daraus ergiebt sich

$$18. \quad m_1 = \frac{\sigma}{\varphi\tau}[kn - p(\mu-\lambda)]$$

für die Zahl m_1 der nöthigen Pferdekräfte, um in der Triebröhre vom Inhalt p C. F. durch einen Luftpumpenstiefel von k C. F. in τ Secunden die Luft von der Spannung $1-\lambda$ auf die Spannung $1-\mu$ zu bringen; so wie

$$19. \quad \tau = \frac{\sigma}{m_1\varphi}[kn - p(\mu-\lambda)]$$

für die Zahl τ der Secunden, in welchen dies durch eine Maschine von m_1 Pferdekräften geschieht. Die Zahl n der Kolbenschläge wird für beide Ausdrücke (18. und 19.) nach (7.) durch p, k, λ und μ bestimmt.

Für den gegenwärtigen Fall, wo beim Anfange des Ausschöpfens die Spannung der Luft in der Triebröhre nicht $1-\lambda$ sondern 1 ist, ist $\lambda = 0$, also

$$20. \quad m_1 = \frac{\sigma}{\varphi\tau}[kn - p\mu] \text{ und}$$

$$21. \quad \tau = \frac{\sigma}{\varphi m_1}[kn - p\mu].$$

Da bei diesen Rechnungen nur das *Gleichgewicht* zwischen Last und Kraft in Anschlag gebracht ist, so mufs man noch einen verhältnifsmäfsigen Theil für die *Reibung* der Maschinentheile, für die Erzeugung der Geschwindigkeit etc. hinzusetzen, wofür wir 10 pr. C. annehmen wollen.

In dem oben zum Beispiel angenommenen Fall der Dubliner Triebröhre war $p = 8820$, $k = 123$, $\mu = \frac{1}{2}$. Dieses giebt vermöge (7.), oder vielmehr (9.),

$$22. \quad n = \frac{-\log\frac{1}{2}}{\log 8820 - \log 8697} = 50.$$

Soll nun die Luft aus der Triebröhre z. B. in 2 Minuten bis auf die Spannung $\mu = \frac{1}{2}$ ausgeschöpft werden, so ist $\tau = 2.60 = 120$ und es sind dazu nach (20.)

$$23. \quad m_1 = \frac{1980}{400.120}[123.50 - 8820.\tfrac{1}{2}] = 72 \text{ Pferdekräfte}$$

und, 10 pr. C. mehr gerechnet, etwa 80 Pferdekräfte auf 2 Minuten lang nöthig. Eine Maschine von $m_1 = 100$, also etwa 91 *wirksamen* Pferdekräften, schöpft nach (21.) die Luft in

$$24. \quad \tau = \frac{1980}{400.90}[123.50 - 8820.\tfrac{1}{2}] = 95 \text{ Secunden}$$

aus.

D. Während der Fahrt des Wagenzuges, wo noch die in der Triebröhre übrigen $(1-\mu)p$ Cub. F. atmosphärische Luft auszuschöpfen sind, ist der Druck der Luft auf den Luftpumpenkolben von innen *immer* $(1-\mu)\varkappa\sigma$, von aufsen $1.\varkappa\sigma$: also sind

$$25. \quad \varkappa\sigma(1-(1-\mu)) = \varkappa\sigma\mu \text{ Pfund}$$

Kraft nöthig, um den Kolben zu heben. Das *Moment* der Kraft für einen Kolbenschlag ist daher, ähnlich wie in (*C.*),

$$26. \quad = k\sigma\mu$$

und das *gesammte Moment* für n_1 Kolbenschläge (II.), welches durch M_2 bezeichnet werden mag, ist, weil es hier für jeden Kolbenschlag *gleich grofs* ist,

$$27. \quad M_2 = n_1 k\sigma\mu$$

und darin den Werth von $n_1 = \frac{p}{k}$ aus (10.) gesetzt,

$$28. \quad M_2 = \sigma\mu p;$$

so dafs hier das Moment von der Gröfse des Kolbens *nicht* abhängt.

Setzt man, es sollen zu diesem Ausschöpfen m_2 Pferdekräfte t Secunden lang angewendet werden, so mufs

$$29. \quad m_2 t\varphi = \sigma\mu p$$

sein, und daraus folgt

$$30. \quad m_2 = \frac{\sigma\mu p}{t\varphi} \quad \text{und}$$

$$31. \quad t = \frac{\sigma\mu p}{m_2\varphi}.$$

Setzt man, für das obige Beispiel der Dubliner Eisenbahn, die Länge der Röhre von 2490 Yards = 7254 F. Pr. solle mit der Geschwindigkeit von 4 Meilen in der Stunde, also $26\frac{2}{3}$ F. in der Secunde durchlaufen werden, so ist $t = \frac{7254}{26\frac{2}{3}} = 272$, folglich nach (30.)

$$32. \quad m_2 = \frac{1980.\frac{1}{2}.8820}{272.400} = 80.$$

Mithin mufs dann die Maschine 80 und mit 10 pr. C. Zusatz 88 Pferdekräfte haben. Für die vorhandene Maschine von 100 Pferden Kraft giebt (31.)

$$33. \quad t = \frac{1980.\frac{1}{2}.8820}{90.400} = 252.$$

Dies giebt eine Geschwindigkeit von $\frac{7254}{252} = 29$ F. in der Secunde oder etwa $4\frac{1}{2}$ Meilen in der Stunde. Eine gröfsere Geschwindigkeit vermag die vorhandene Maschine von 100 Pferdekräften *mit der Triebkraft* $\mu = \frac{1}{2}$ nicht hervorzubringen. Also ist die vorhandene Maschine *für* $\mu = \frac{1}{2}$ *gar nicht zu stark.* Sie kann allerdings noch eine gröfsere Geschwindigkeit hervorbringen: denn für das Ausschöpfen der Luft *vor* dem Anfange der Fahrt ist sie, wie sich aus (*C.*) zeigt, zu stark. Nur mufs für eine gröfsere Geschwindigkeit die Triebkraft μ kleiner sein. Soll z. B. die Geschwindigkeit 6 Meilen in der Stunde betragen, so kann in (33.) μ nur $= \frac{1}{2}.\frac{5}{6} = \frac{5}{12}$ sein.

b. Zweiter Fall des Einpumpens der Luft in die Triebröhre.

17.

A. Vor dem Anfange der Fahrt findet hier kein Pumpen Statt, sondern *nur während* der Fahrt. Soll eine Triebkraft μ hervorgebracht werden, so

müssen *während* der Fahrt $(1+\mu)p$ C. F. atmosphärische Luft in die Röhre eingepumpt werden und es sind also, da jeder Kolbenschlag k C. F. solcher Luft zuführt,

$$34. \quad n = (1+\mu)\frac{p}{k}$$

Kolbenschläge nöthig.

B. Die Luft drückt hier von innen mit der Spannung $1+\mu$ und von aufsen mit der Spannung 1 auf den Kolben der Luftpumpe, und zwar immer *gleich* stark: also sind

$$35. \quad \varkappa\sigma(1+\mu-1) = \varkappa\mu\sigma \text{ Pfund}$$

Kraft nöthig, um den Kolben niederzudrücken: dieselbe Kraft wie beim *Auspumpen* während der Fahrt (25. §. 16. *D.*).

Also ist auch, eben wie dort, das Moment, welches hier durch N bezeichnet werden mag,

$$36. \quad N = nk\sigma\mu.$$

Darin den Werth von n aus (34.) gesetzt, giebt

$$37. \quad N = \sigma\mu(1+\mu)p,$$

und nun, ähnlich wie in (29.),

$$38. \quad m_2 t\varphi = \sigma\mu(1+\mu)p;$$

woraus

$$39. \quad m_2 = \frac{\sigma\mu(1+\mu)p}{t\varphi}$$

für die Anzahl der Pferdekräfte folgt, die nöthig sind, um die Fahrt in t Secunden zurückzulegen; desgleichen

$$40. \quad t = \frac{\sigma\mu(1+\mu)p}{m_2\varphi}$$

für die Zahl der Secunden, in welchen mit m_2 Pferdekräften die Fahrt geschieht.

In dem obigen Beispiel würden für eine Geschwindigkeit der Fahrt von 4 Meilen in der Secunde, also für $t=242$ (§. 16. *D.*)

$$41. \quad m_2 = \frac{1980.\frac{1}{4}.1\frac{1}{4}.8820}{272.400} = 120 \text{ Pferdekräfte}$$

und mit 10 pr. C. Zusatz 132 Pferdekräfte nöthig sein; aber nur 272 Secunden lang, während beim *Auspumpen* 88 Pferdekräfte (32.) erst 272 Secunden und dann noch *vor* der Fahrt, wie aus (23.) zu sehen, etwa während 108, also zusammen während 380 Secunden nöthig sind. Eine Maschine von $m_2=100$ Pferdekräften giebt hier

$$42. \quad t = \frac{1980.\frac{1}{4}.1\frac{1}{4}.8820}{100.400} = 363,$$

also nur eine Geschwindigkeit von 20 Fufs oder 3 Meilen in der Stunde. Die 100 Pferdekräfte sind beim *Einpumpen* während 363 Secunden, beim *Auspumpen* während $252 + 95 = 347$ Sec. (33. und 24.) nöthig. Also ist das *Auspumpen* hier in diesem Fall und für $\mu = \frac{1}{4}$ um etwas *vortheilhafter*, als das *Einpumpen*.

V. Nachtheile der Art, die Luft unmittelbar entweder aus der Triebröhre auszupumpen, oder sie in dieselbe hineinzutreiben.

18.

A. Wird die Luft, so weit es zur Triebkraft nöthig ist, durch die Luftpumpe *unmittelbar* aus der Triebröhre *ausgepumpt*, so mufs die Verdünnung schon *vor* der Fahrt, und zwar *so schnell* als möglich geschehen, damit so wenig als möglich Luft durch die nie ganz dichte Längsklappe wieder in die Röhre eindringe; die Zeit zum Auspumpen des Rests der Luft *während* der Fahrt hängt von der *Dauer* der Fahrt ab und mufs also ebenfalls *sehr schnell* geschehen.

Wird die Luft unmittelbar in die Triebröhre *eingepumpt*, so mufs es ebenfalls *während* der Fahrt, also wiederum sehr schnell geschehen.

Je *schneller* aber das Auspumpen oder Einpumpen geschehen mufs, um so *stärker* müssen die dazu bestimmten Maschinen sein; und da nun diese Maschinen in der Zeit *zwischen* den Fahrten *still stehen*, so müssen sie offenbar viel stärker sein, als *eigentlich* nöthig ist. Dazu kommt, dafs die stete Unterbrechung des Ganges den Maschinen nachtheilig und die Feuerung zum immer neuen Wieder-Anheizen, so wie die nach der Fahrt übrig bleibende Hitze reiner Verlust ist. Ist statt Dampf Wasserkraft benutzbar, so ist der Verlust, wenn die Wassermaschinen nicht etwa aus einem Behälter, sondern aus einem Flusse ihre Kraft schöpfen, noch gröfser; und die Kraft des Windes läfst sich auf solche Weise fast gar nicht benutzen. Man könnte zwar die Maschinen, um sie in *unterbrochenem* Gange zu erhalten, in den Zeiten *zwischen* den Fahrten zu andern Zwecken, z. B. zum Getraidemahlen u. s. w. benutzen wollen; aber dies wird doch nicht *überall* angehen; und auch dabei sind Unterbrechungen wieder nachtheilig, und man sieht sich zu Neben-Gewerben *gezwungen*, die nicht zu den Eisenbahnen gehören; was denn für die Verwaltung lästig und schwierig ist.

B. Aber das ***unmittelbare*** Aus- oder Einpumpen hat auch noch einen andern, viel gröfsern Übelstand. Versagt nemlich einmal die Maschine gerade ***während*** der Fahrt den Dienst, so bleibt der Wagenzug auf der Bahn stehen, und man mufs geradezu ***Pferde*** abschicken, um ihn weiter zu schaffen. Zwar läfst sich dem vorbeugen, wenn man ***zwei*** Maschinen, jede von der halben, statt der einen von der vollen Kraft baut: allein wenn der an der einen Maschine entstandene Schaden nicht schnell verbessert werden kann, so entsteht dennoch eine längere Stockung, die auf die ganze Linie der Bahn Einflufs hat, indem die ***halbe*** Kraft auf längere Zeit, auch nur für zwei Fahrten, das Nöthige nicht leisten kann. Und dann kosten auch wieder zwei Maschinen, jede von der halben Kraft, ***mehr*** zu bauen und in Bewegung zu setzen, als eine einzelne Maschine mit der vollen Kraft.

Es ist daher jedenfalls eine unvollkommene und mehr als eigentlich nöthig kostende Anordnung, wenn man die Pumpen die Luft ***unmittelbar*** aus der Triebröhre heraus- oder in dieselbe hineintreiben läfst; in grofser Eil, so viel davon eben zu jeder Fahrt nöthig ist, und es ist ganz wesentlich eine andere Einrichtung ***nothwendig***, von der Art, dafs die Maschinen ***ununterbrochen*** arbeiten und wenigstens einigen ***Vorrath*** an Kraft schaffen können.

VI. Behälter.

19.

Diese Einrichtung läfst sich machen, wenn man die Luft, statt sie ***unmittelbar*** aus der Triebröhre heraus- oder in sie hinein-, vielmehr erst aus hinreichend grofsen ***Behältern*** heraus- oder in diese hineinpumpt und dann vermittels der verdünnten oder verdichteten Luft in den Behältern die nöthige Verdünnung oder Verdichtung der Luft in der Triebröhre durch das Öffnen eines Hahns in einer Röhre, die den Behälter mit der Triebröhre in Verbindung setzt, hervorbringt. Diese Einrichtung würde mehr als einen entschiedenen Vorzug vor dem ***unmittelbaren*** Aus- und Einpumpen haben.

Erstlich nemlich haben alsdann die Maschinen, welche die Luftpumpe in Bewegung setzen, nicht blofs ***während*** der Fahrten der Wagenzüge und, beim Auspumpen, noch unmittelbar vor dem Anfange einer jeden Fahrt zu arbeiten, sondern sie können ***ununterbrochen*** in Gang bleiben, und sind also viel ***weniger stark*** nöthig. Wegen der Ununterbrochenheit der Feuerung, wenn es Dampfmaschinen sind, werden sie weniger Brennstoff verzehren. Auch

ist alsdann *Wasserkraft*, wo sie vorhanden ist, und selbst, *hülfsweise*, die Kraft des *Windes* benutzbar.

Zweitens werden beim Auspumpen nicht erst vor jeder Fahrt mehrere Minuten nöthig sein, um die Luft in der Triebröhre, so weit, als es zur Abfahrt nothwendig ist, auszupumpen, sondern, so wie man den Hahn in der Röhre nach den Behältern hin öffnet, wird die Luft aus der Triebröhre viel schneller in die Behälter strömen.

Drittens wird sich durch den Hahn in der Verbindungsröhre die Spannung, und folglich die Triebkraft der Luft in der Triebröhre, viel leichter und sicherer *regeln* lassen, als durch das Pumpen.

Viertens wird sich auch durch die Behälter, ohne alle mehrere vorherige Anstrengung der Maschinen eine *stärkere* als die *mittlere* Kraft des Triebkolbens hervorbringen lassen; was besonders beim Anfange der Bewegung des Wagenzuges nützlich sein kann und was, wenn keine Behälter vorhanden sind, ohne mehreren Aufwand von Maschinenkraft nicht möglich ist. Dieser vierte Vortheil wird weiter unten in §. 26. näher nachgewiesen werden.

Es fragt sich indessen, ob die Behälter nicht etwa so sehr viel *kosten* werden, dafs dadurch der Gewinn an den *Geld-Ausgaben* wieder verloren geht, oder gar noch gröfsere Kosten entstehen. Die oben gedachten Vorzüge der Behälter würden zwar immer bleiben: aber man wird wissen wollen, wie theuer sie erkauft werden. Um dies zu untersuchen, werden wir erst sagen müssen, auf welche Weise die Behälter zu bauen sein dürften, also ihre Ausführbarkeit nachzuweisen haben; und dann, wie es sich vergleichsweise mit den Maschinen verhält, wenn die Behälter vorhanden sind.

VII. Bauart der Behälter.

a. Erster Fall des Ausschöpfens der Luft aus der Triebröhre.

20.

In diesem *ersten* Fall müssen Behälter vorhanden sein, in welchen die Luft ebenfalls *verdünnt* wird, und zwar *stärker*, als es in der Triebröhre geschehen soll: denn wenn der Hahn der Verbindungsröhre geöffnet wird und dadurch Behälter und Triebröhre zu einem zusammenhängenden Raume werden, darf in diesem *ganzen* Raume die Luft nicht allein nicht dichter geworden sein, als sie es in der Triebröhre sein soll, sondern auch die übrige Luft, die aus der Triebröhre noch *während* der Fahrt auszuschöpfen ist, mufs die Luft

in dem Behälter noch auf keine höhere Spannung als $1-\mu$ bringen. Sollen die Behälter für *mehr als eine* Fahrt Dienste leisten können, ohne erst von Neuem ausgeschöpft zu werden, nemlich zur Vorsorge für den Fall, wenn die Maschine schadhaft wird, so mufs entweder die Luft aus denselben *noch weiter* ausgeschöpft werden, oder die Behälter müssen *gröfser* sein.

Gesetzt die Behälter sollen für ε Fahrten ohne neues Ausschöpfen die Luft aus der Triebröhre *aufnehmen* können, so müssen εp C. F. Luft darin Raum finden, ohne dafs die verdünnte Luft in den Behältern durch deren Hinzukommen eine stärkere Spannung als die bekomme, welche die Luft in der Triebröhre haben soll, nemlich $1-\mu$. Für jede Fahrt nemlich sind dem Obigen zufolge erst *vor* dem Anfange der Fahrt μp Cub. F. atmosphärische Luft aus der Triebröhre zu schöpfen, um dem Kolben die Triebkraft μ zu geben, und dann *während* der Fahrt noch die übrigen $(1-\mu)p$ C. F., zusammen p C. F. für *eine* Fahrt und folglich εp C. F. für ε *Fahrten*. Bezeichnet man nun den Raum-Inhalt der Behälter durch b und setzt, dafs aus denselben νb Cub. F. atmosphärische Luft ausgeschöpft worden sind, so dafs noch $(1-\nu)b$ C. F. darin zurückblieben, so mufs, wenn zu diesen $(1-\nu)b$) C. F. die εp Cub. F. Luft aus der Triebröhre hinzukommen, die alsdann im Behälter vorhandene Luft erst die Spannung oder die Dichtigkeit $1-\mu$ haben, nemlich diejenige, welche die Luft in der Triebröhre haben soll. Es müssen also dann erst $(1-\mu)b$ C. F. atmosphärische Luft in den Behältern befindlich sein: also mufs sein

$$43. \quad (1-\nu)b+\varepsilon p = (1-\mu)b.$$

Dieses giebt $\varepsilon p = (\nu-\mu)b$ und

$$44. \quad b = \frac{\varepsilon p}{\nu-\mu},$$

und dies ist die Zahl der Cubikfufse, welche die Behälter an Raum enthalten müssen.

Setzt man z. B. wie oben, dafs die Luft in der Triebröhre die Spannung $1-\mu = \frac{1}{2}$ haben solle, also $\mu = \frac{1}{2}$, und nimmt an, dafs sich die Luft aus den Behältern füglich bis zu der Spannung $1-\nu = \frac{5}{6}$ ausschöpfen lasse, so dafs $\nu = \frac{5}{6}$ ist, so giebt (44.)

$$45. \quad b = \frac{\varepsilon p}{\frac{5}{6}-\frac{1}{2}} = 3\varepsilon p.$$

Für $\varepsilon = 1$ Fahrt müssen also die Behälter 3mal, für $\varepsilon = 2$ Fahrten 6mal so viel Raum als die Triebröhre fassen u. s. w.

Wir könnten nun wieder die Dubliner Eisenbahn, um Vergleiche anzustellen, zum Beispiele nehmen: allein da dieselbe, ihrer geringen Länge wegen, gegen die Einrichtung *mit Behältern* gar zu sehr in Nachtheil kommen würde, so stellen wir lieber den Vergleich für einen Fall an, wie er auf *längern* Eisenbahnlinien vorkommen dürfte.

Wir setzen also eine Triebröhre von *einer Meile* oder 24 000 F. lang und wie oben in (§. 7.) von 14 Zoll im Durchmesser. Eine solche Röhre enthält 25 666⅔ C. F. Dazu rechnen wir noch für den Verlust durch die Längsklappe, der hier geringer ist, weil er nur *während* der Fahrt Statt findet, nicht auch *vor* der Fahrt, 1000 C. F., giebt

$$46. \quad p = 26\,666\tfrac{2}{3},$$

also in (45.)

$$47. \quad \begin{cases} b = 80\,000 \text{ für 1 Fahrt,} \\ b = 160\,000 \text{ für 2 Fahrten u. s. w.} \end{cases}$$

Es wird hinreichen, wenn die Behälter für *zwei* Fahrten ohne neues Auspumpen Dienste leisten; also müssen sie 160 000 C. F. grofs sein. *Zwei* Behälter, jeder von der Hälfte dieser Gröfse, werden besser sein, als *ein einzelner* mit dem ganzen nöthigen Raum: folglich sind *zwei* Behälter, jeder von 80 000 C. F. grofs nöthig.

Ein solcher Behälter kann aus *gewöhnlichem Ziegelmauerwerk* sein, wo nicht etwa feste Felsen vorhanden sind, in welchen sich der nöthige Raum aushöhlen läfst. Ziegelmauerwerk, von der Dicke, die es schon der Haltbarkeit wegen bekommen mufs, ist ohne Zweifel *vollkommen luftdicht.* Man kann den Behältern die in Fig. 11. und 12. vorgestellte Form geben und sie halb in, halb über der Erde bauen. Die Spannung des Gewölbes für die obige Gröfse des Behälters kann 30 F. sein, seine Dicke 3 F. Dann mufs der gerade Theil 86 F. lang sein und die Mauern und Gewölbe enthalten 40 565 C. F. Mauerwerk. Der Cub. F. Mauerwerk kostet z. B. in Berlin etwa 5 Sgr. Rechnet man, wegen der noch übrigen Kosten, des Ausgrabens der Erde, des Bewurfs mit Kalk u. s. w. 6 Sgr., so kostet ein Behälter etwa 8000 Thlr. Die nöthigen zwei Behälter erfordern also eine Ausgabe von etwa 16 000 Thlr.

b. Zweiter Fall des Zusammenpressens der Luft in der Triebröhre.

21.

In diesem *zweiten* Fall, wenn der Kolben in der Triebröhre durch *zusammengedrückte* Luft von der Spannung μ fortgetrieben werden soll, müs-

von einer Fahrt *während* derselben $(1+\mu)p$ Cub. F. atmosphärische Luft in die Triebröhre hineingetrieben werden (§. 17.), also zu ε Fahrten $(1+\mu)\varepsilon p$ C. F. Soll dies durch die Behälter geschehen, nicht unmittelbar durch die Luftpumpe, so muss die Luft in den Behältern *stärker* zusammengepresst werden, als bis auf die Spannung $1+\mu$, und zwar so stark, dass, nachdem die $(1+\mu)\varepsilon p$ Cub. F. Luft zu ε Fahrten herausgelassen sind, die Luft in den Behältern noch dieselbe Spannung $1+\mu$ hat, die ihr in der Triebröhre nöthig ist. Setzt man also, dass νb C. F. Luft in die Behälter zu den b C. F. Luft, welche sie schon enthalten, hineingetrieben worden sind, so dass sich $(1+\nu)b$ C. F. atmosphärische Luft darin befinden, so muss

$$48. \quad (1+\nu)b-(1+\mu)\varepsilon p=(1+\mu)b$$

sein, woraus $b(\nu-\mu)=(1+\mu)\varepsilon p$ und

$$49. \quad b=\frac{1+\mu}{\nu-\mu}.\varepsilon p$$

folgt, welches den Raum-Inhalt der Behälter giebt, wenn sie Luftkraft für ε Fahrten enthalten sollen.

Zu Behältern *zusammengepresster* Luft, selbst mit nur ganz geringer Spannung, z. B. $\frac{1}{2}$ Atmosphäre, ist Mauerwerk durchaus nicht dienlich. So trefflich ein Gewölbe auch dem Luftdruck *von aufsen* widerstehen wird, so wenig widersteht es einem Drucke von *innen*. Schon eine halbe Atmosphäre Spannung giebt, gemäfs (15.), einen Druck von 990 Pfd. oder 9 Ctr. auf den Quadratfufs. Ein Gewölbe müfste also schon an 9 F. dick sein, um durch die Spannung von innen nach aufsen nicht *aufgehoben* und gesprengt zu werden. Nur wenn *feste Felsen* vorhanden sind, würden sich die hier für die *zusammengepresste* Luft nöthigen Behälter darin aushöhlen lassen. Im andern Fall wird zu diesen Behältern nur *Eisen* taugen.

Der Behälterraum b ist, wie aus (49.) zu sehen, um so kleiner, je gröfser ν ist, oder je stärker man die Luft zusammenpresst. *Nothwendig* ist es streng genommen nur, dass $\nu>\mu$ sei, und es ist offenbar, dass jedes stärkere Zusammenpressen der Luft eine *verloren gehende* Kraft erfordert, indem die stärker zusammengepresste Luft sich hernach in der Triebröhre *wieder ausdehnt*. Wenn man also die Luft in den Behältern stärker zusammenpresst als *nothwendig*, so kann es nur allein deshalb geschehen, um mit einem *geringeren Behälterraum* auszukommen. Der Verlust an Kraft wegen des stärkern Zusammenpressens bringt wieder Gewinn an den Kosten des Behälterraums und es kommt also hier auf das richtige *Mafs* an. Es ist jedoch bei dem

Vergleiche sofort zu bedenken, dafs der Verlust an Kraft ein *immerwährender* Verlust ist, von welchem, als Zinsen betrachtet, das Capital sich *nicht amortisiren* läfst, wie es mit den Mehrkosten der Behälter geschehen kann. Es wird daher schon deshalb gut sein, die Spannung ν der Luft in den Behältern *so gering* anzunehmen, als möglich; bis zu dem Maafs, welches die Gröfse der Behälter und ihre Construction irgend gestatten.

Da also die Behälter *möglichst grofs* sein sollen, so wird sich *gewalztes Eisenblech* besser dazu eignen, als *gegossenes Eisen;* und dann werden offenbar mehrere Behälter von mäfsiger Gröfse, mit einander an den Enden durch Röhren verbunden, besser sein, als ein einzelner Behälter, der unförmlich grofs sein müfste; sowohl der leichtern Verfertigung wegen, als wegen des etwaigen Zerspringens. Wir setzen, die einzelnen Behälter sollen *cylinderförmig* sein, mit halbkugelförmigen Enden, und es solle Blech von *1 Linie dick* dazu genommen werden. Dann haben die zusammen 2 Linien dicken Wände des Cylinders auf 1 F. lang 2 Q. Z. Fläche, und da die Cohäsion des gewalzten Eisens zu 70 000 Pfd. auf den Quadratzoll anzunehmen ist, so haben die Cylinderwände eine Festigkeit von $2.70000 = 140000$ Pfd. auf 1 F. Länge. Aber die Festigkeit der Wände mufs wenigstens 3mal so stark sein, als die Kraft, welche sie zu zersprengen strebt; also darf diese Kraft nur $\frac{140000}{3} = 46\,666\frac{2}{3}$ Pfd. betragen. Die Kraft der Spannung einer Flüssigkeit in einem Cylinder wirkt bekanntlich auf das Zersprengen seiner Wände mit demselben Druck, welchen sie auf eine rechteckige Ebene ausüben würde, deren Länge die Axe des Cylinders und deren Breite der Durchmesser desselben ist. Bezeichnet man also den Durchmesser des Cylinders durch δ, die Spannung der atmosphärischen Luft wie oben durch σ, so ist der Druck von ν Atmosphären Spannung auf 1 F. Länge $= \nu\sigma\delta$. Nehmen wir nun an, dafs die Cylinder *6 Fufs* im Durchmesser haben sollen, so beträgt der Druck $\nu.1980.6(15) = 11\,880.\nu$ und es mufs also $11\,880\nu = 46\,666\frac{2}{3}$ sein, woraus $\nu = 3{,}93$ folgt; so dafs also 1 Linie dicke Wände eines Cylinders von 6 F. im Durchmesser eine Spannung von beinahe 4 Atmosphären *Überschufs* über den Gegendruck der äufsern Luft aushalten und also hier für jeden Fall hinreichend stark sind. Setzt man die Länge des Cylinders, mit Einschlufs der Halbkugeln an den Enden, $= l$, so ist

50.
1. $\frac{1}{4}\pi\delta^2(l-\delta) + \frac{1}{6}\pi\delta^3 = \frac{\pi\delta^2}{12}(3l-\delta) = \frac{\pi\delta^2}{42}(3l-\delta)$ sein Raum-Inhalt und
2. $\pi\delta(l-\delta) + \pi\delta^2 = \pi\delta l = \frac{22}{7}\delta l$ seine Oberfläche.

Nimmt man den Cylinder $l = 20$ F. lang an, so beträgt nach (50. 1.) sein Inhalt 509 C. F. und seine Oberfläche 377 Q. F. Für den Q. F. Eisenblech von 1 Linie dick ist, mit den Nieten, etwa 4 Pfd. zu rechnen, welche mit dem Arbeitslohn, etwa zu $7\frac{1}{2}$ Sgr., 1 Thlr. kosten. Also kostet ein Cylinder von 509 C. F. Inhalt 377 Thlr., wofür wir wegen der Verbindungsröhren 400 Thlr. annehmen. Die Zahl der nöthigen Cylinder findet sich, wenn man b (49.) für die verschiedenen ν durch 509 dividirt.

Dieses giebt, $\mu = \frac{1}{4}$, $\varepsilon = 2$ gesetzt, für das obige Beispiel von $p = 26\,666\frac{2}{3}$ (46.) Folgendes:

51.

	Werth von b.	Zahl der Cylinder.	Kosten derselben.
Für $\nu = 2$	$53\,333\frac{1}{3}$ C. F.	105	42 000 Thlr.
- $\nu = 2\frac{1}{2}$	40 000 - -	79	31 600 -
- $\nu = 3$	32 000 - -	63	25 200 -
- $\nu = 3\frac{1}{2}$	$26\,666\frac{2}{3}$ - -	53	21 200 -

Die Kraft und die Kosten der nöthigen Maschinen nehmen zu, so wie die Zahl der Cylinder und ihre Kosten abnehmen. Aus der Berechnung der Kraft der nöthigen Maschinen wird sich ergeben, welches ν das vortheilhafteste sei.

VIII. Maschinen und Luftpumpen für die Behälter.

a. Erster Fall, der Verdünnung der Luft in der Triebröhre und in den Behältern.

22.

A. Gemäfs (§. 16. *C.* 14.) ist das Moment der Kraft, um die Luft in einem Raume p (hier in (§. 20.) in dem Behälterraum b) durch n Kolbenschläge der Luftpumpe, jeden k C. F. grofs, von der Spannung $1-\lambda$ (hier $1-\mu$) auf die Spannung $1-\mu$ (hier $1-\nu$) zu bringen:

$$52.\quad M_1 = \sigma[kn - b(\nu-\mu)],$$

und nach (6. und 7.) ist

$$53.\quad k = \left(1 - \sqrt[n]{\left(\frac{1-\nu}{1-\mu}\right)}\right)b \quad \text{und}$$

$$54.\quad k = \frac{\log(1-\mu) - \log(1-\nu)}{\log b - \log(b-k)}.$$

Aus (53.) ist zu sehen, dafs k um so kleiner ist, je gröfser n ist, also dafs der Luftpumpenstiefel k um so kleiner sein kann, je mehr Schläge man ihn während der Zeit des Ausschöpfens machen läfst. Innerhalb gewisser Grenzen, welche die technische Ausführbarkeit bestimmt, sind k und n *willkürlich.*

Es fragt sich also, welches k, mit dem zugehörigen n, das *möglich-kleinste* Kraftmoment M_1 gebe.

B. In dem Ausdruck von M_1 (52.) hangt nur das erste Glied kn von k und n, und in dem Ausdruck von n (54.) nur der Nenner des Bruchs von k ab. Es fragt sich also nur, für welches k in kn zufolge (54.)

$$55. \quad \frac{k}{\log b - \log(b-k)} = \text{Min.}$$

sei. Die erste Differentiation von (55.), um das Minimum zu finden, giebt

$$56. \quad \frac{1}{\log b - \log(b-k)} - \frac{k}{(\log b - \log(b-k))^2} \cdot \frac{1}{b-k} = 0,$$

und hieraus folgt

$$57. \quad \log b - \log(b-k) = \frac{k}{b-k} = \log \frac{b}{b-k};$$

woraus k gesucht werden mufs. Setzt man $\frac{k}{b-k} = x$, so ist $\frac{b}{b-k} = \frac{b+k-k}{b-k}$ $= 1 + \frac{k}{b-k} = 1+x$; also ist (57.) so viel als

$$58. \quad \log(1+x) = x.$$

Dieser Gleichung thut nur der Werth 0 von x, also von k, ein Genüge. Es ist aber die Frage, ob dieser Werth von k ein *Minimum*, oder ein *Maximum* gebe. Differentiirt man, um dies zu finden, von Neuem (56.), so erhält man

$$\frac{-1}{(\log b - \log(b-k))^2} \cdot \frac{1}{b-k} - \frac{1}{(\log b - \log(b-k))^2} \cdot \frac{1}{b-k}$$
$$- \frac{k}{(\log b - \log(b-k))^2} \cdot \frac{1}{(b-k)^2} + \frac{2k}{(\log b - \log(b-k))^3} \cdot \frac{1}{(b-k)^2}$$
$$= \frac{-2(b-k)-k}{(\log b - \log(b-k))^2} \cdot \frac{1}{(b-k)^2} + \frac{2k}{(\log b - \log(b-k))^3} \cdot \frac{1}{(b-k)^2},$$
$$59. \quad = \frac{(k-2b)(\log b - \log(b-k)) + 2k}{(b-k)^2 (\log b - \log(b-k))^3},$$

und hierin den Werth von $\log b - \log(b-k)$ aus (57.) gesetzt, giebt

$$60. \quad \frac{(k-2b)\frac{k}{b-k} + 2k}{(b-k)^2 \frac{k^3}{(b-k)^3}} = \frac{(k-2b)k + 2k(b-k)}{k^2} = \frac{k-2b+2b-2k}{k^2} = -\frac{1}{k}.$$

Das zweite Differential von kn ist also immer *negativ*, und folglich giebt der gefundene Werth 0 von k *nicht* ein *Minimum*, sondern ein *Maximum*; und da es *nur einen* Werth von k für (57.) giebt, so *giebt es kein Minimum*. Es folgt also nur, dafs es um so *unvortheilhafter* ist, je *kleiner* man k macht, mithin um so *vortheilhafter*, je *gröfser* der Luftpumpenstiefel ist.

C. Da die *Zeit* für das Auspumpen der Luft aus dem Behälter bestimmt und am meisten die Schnelligkeit der Bewegung der Luftpumpe technisch bedingt sein wird, so wird man n willkürlich anzunehmen haben, und danach k durch (53.) oder auch durch

$$61. \quad b-k = b\sqrt[n]{\left(\frac{1-\nu}{1-\mu}\right)} \text{ (6.) oder durch}$$

$$62. \quad \log(b-k) = \log b + \frac{1}{n}(\log(1-\nu)-\log(1-\mu))$$

zu bestimmen haben; und zwar wird n so *klein als möglich* anzunehmen sein, damit k *möglichst grofs* werde.

D. Hier ist, ehe man zur Berechnung von k, n und M_1 (52.) für das obige Beispiel schreitet, noch Folgendes zu bemerken. Es sollen nemlich die Behälter Raum für *mehrere* Fahrten, in dem obigen Beispiel für *zwei* Fahrten enthalten, und es sollen dann *zwei* Behälter vorhanden sein. Man kann also entweder, *Erstlich*, die Luft aus der Triebröhre immer in *denselben* Behälter strömen lassen, so dafs der andere als Reserve stets dieselbe Luftspannung behält und folglich auch immer die Luft nur aus *einem* Behälter zu pumpen ist, nemlich in dem obigen Beispiel von der Spannung $1-\mu=\frac{1}{2}$ bis zur Spannung $1-\nu=\frac{1}{6}$ (§. 20.): oder man kann, *Zweitens*, die Luft aus der Triebröhre immer zur Hälfte in den einen, zur Hälfte in den andern Behälter treten lassen, in welchem Fall sie stets aus *beiden* Behältern zu schöpfen ist, aber jetzt von der Spannung $1-\frac{\mu+\nu}{2}=1-\frac{\frac{1}{2}+\frac{1}{6}}{2}=1-\frac{2}{3}=\frac{1}{3}$ bis zur Spannung $1-\nu=\frac{1}{6}$. Beide Fälle sind bei der Rechnung zu berücksichtigen und wir schreiten nun zu dem Beispiel.

E. Es werde angenommen, es sollen auf der Eisenbahn täglich 12 Fahrten gemacht werden, 6 hin und 6 zurück. Dieses ist schon viel, denn auf vielen *längern* Eisenbahnlinien macht man täglich nur 6, und selbst nur 4 Fahrten. Wir nehmen ferner den ungünstigsten Fall an, dafs *nicht* die Nacht hindurch gefahren werden, sondern dafs die Fahrzeit auf allen Puncten der Bahn täglich nur 12 Stunden sein soll. Alsdann mufs der Triebröhre in 12 Stunden 12mal ihre Kraft gegeben und folglich mufs das dazu nöthige Ausschöpfen der Luft im Durchschnitt in *einer Stunde* vollbracht werden. Die Fahrten brauchen hier nicht strenge in *gleichen* Zwischenräumen zu erfolgen, sondern können allenfalls, statt 1 Stunde, bis zu 2 Stunden von einander liegen, weil die Behälter für *zwei* Fahrten ausreichen.

F. Wir setzen nun, dafs die Luftpumpe, ungefähr wie die bei Dublin, in der Minute 20 Kolbenschläge mache. Dann ist

$$63. \quad n = 20.60 = 1200.$$

Für den *ersten* der beiden Fälle (*D.*), wo stets *nur ein* Behälter ausgeschöpft wird, ist für das obige Beispiel (§. 20.): $b = 8000$, $\mu = \frac{1}{2}$, $\nu = \frac{1}{6}$. Dies giebt nach (62.)

$$\log(b-k) = \log 80000 + \frac{\log\frac{1}{6} - \log\frac{1}{2}}{1200} = 4{,}9027091 = \log 79\,930, \text{ also}$$

$$64. \quad k = 70 \text{ C. F.}$$

und in (52.), da $\sigma = 1980$ ist (15.),

$$65. \quad M_1 = 1980[70.1200 - 80000(\tfrac{1}{6} - \tfrac{1}{2})] = 113\,520\,000.$$

Für den *zweiten* Fall in (*D.*), wo die Luft stets aus *beiden* Behältern geschöpft wird, ist $b = 160000$, $\mu = \frac{2}{3}$, $\nu = \frac{5}{6}$, also

$$\log(b-k) = \log 160000 + \frac{\log\frac{1}{6} - \log\frac{1}{3}}{1200} = 5{,}2038692 = \log 159\,917, \text{ folglich}$$

$$66. \quad k = 83$$

und in (52.)

$$67. \quad M_1 = 1980[83.1200 - 160000(\tfrac{1}{6} - \tfrac{2}{3})] = 144\,408\,000.$$

Die erste Art erfordert also ein *geringes* Kraftmoment und einen *kleineren* Pumpenstiefel. Sie ist daher die vortheilhaftere, obgleich die Maschinen bei der *zweiten* Art unter einem weniger abwechselndem Druck arbeiten. Die Ungleichheit des Widerstandes mufs durch die Einrichtung der Maschinen, durch Schwungräder u. s. w. ausgeglichen werden. Wir bleiben also bei der *ersten* Art stehen, nemlich dafs immer *derselbe* Behälter ausgeschöpft werde und der andere unberührt in Reserve bleibe.

G. Die Anzahl der nöthigen Pferdekräfte ist nach (18.)

$$68. \quad m_1 = \frac{M_1}{\varphi\tau}, \qquad \text{wo} \qquad \varphi = 400 \quad (16.).$$

Die Zahl τ der Secunden, während welcher die Ausschöpfung geschehen mufs, ist hier

$$69. \quad \tau = 60.60 = 3600,$$

also ergiebt sich aus (65. und 68.)

$$70. \quad m_1 = \frac{113520000}{400.3600} = 78.$$

Es ist folglich hier eine Dampfmaschine von $78 + \frac{1}{10}.78 = 86$ Pferdekräften, oder vielmehr es sind zwei Maschinen, jede von 43 Pferdekräften und ein Luftpumpenstiefel von 70 C. F. oder besser zwei, jeder von 35 C. F. Inhalt, nöthig, deren Kolben 20 Schläge in der Minute machen.

b. Zweiter Fall des Zusammenpressens der Luft in der Triebröhre und in den Behältern.

23.

A. Jeder Kolbenschlag der Luftpumpe bringt k C. F. atmosphärische Luft in den Raum b der Behälter. Hat nun beim Anfange des Einpumpens die Luft im Behälter die Spannung $1+\lambda$, so dafs sich $(1+\lambda)b$ Cub. F. atmosphärische Luft darin befinden, und soll die Spannung der Luft durch n Kolbenschläge auf die Spannung $(1+\nu)b$ gebracht werden, so mufs

$$71. \quad (1+\lambda)b+nk = (1+\nu)b$$

sein, woraus

$$72. \quad n = (\nu-\lambda)\frac{b}{k}$$

folgt.

B. Nach dem $x$ten Kolbenschlage befinden sich $(1+\lambda)b+xk$ Cub. F. atmosphärische Luft in dem Behälter und ihre Spannung ist also $\frac{(1+\lambda)b+xk}{b}$ $=1+\lambda+x\frac{k}{b}$. *Vor* dem $x$ten Kolbenschlage ist die Spannung $1+\lambda+(x-1)\frac{k}{b}$: im *Durchschnitt* also $1+\lambda+(x-\frac{1}{2})\frac{k}{b}$. Daher wird die Fläche des Kolbens $\varkappa$ von innen mit der Kraft $\varkappa\sigma\left(1+\lambda+(x-\frac{1}{2})\frac{k}{b}\right)$, von aufsen mit der Kraft $\varkappa\sigma$ gedrückt. Es sind also beim $x$ten Kolbenschlage

$$73. \quad \varkappa\sigma\left(\lambda+(x-\tfrac{1}{2})\frac{k}{b}\right) \text{ Pfunde Kraft}$$

nöthig, um den Kolben niederzudrücken.

Bezeichnet man wie in (§. 16. *C.*) die Höhe des Kolbenhubes durch h, so dafs $hx=k$ ist, die Geschwindigkeit des Kolbens durch v, die Zeitdauer des Kolbenschlages durch t, so dafs auch $vt=h$ ist, so giebt (73.), mit v multiplicirt, das Kraftmoment *für 1 Secunde* und, mit $vt=h$ multiplicirt, *das Kraftmoment für einen Kolbenschlag*, welches also, wegen $hx=k$,

$$74. \quad k\sigma\left(\lambda+\frac{(x-\frac{1}{2})k}{b}\right) \text{ ist.}$$

Das gesammte Kraftmoment N für die n Kolbenschläge findet sich daher, wenn man in (74.) der Reihe nach $x=1,2,3,\ldots.n$ setzt und die *Summe* dieser verschiedenen Kraftmomente nimmt. Dieses giebt

$$75. \quad N = k\sigma\left(n\lambda+(\tfrac{1}{2}n(n+1)-\tfrac{1}{2}n)\frac{k}{b}\right) = nk\sigma\left(\lambda+\frac{\frac{1}{2}nk}{b}\right).$$

Hierin den Werth von n aus (72.) gesetzt giebt $N=\sigma(\nu-\lambda)b[\lambda+\frac{1}{2}(\nu-\lambda)]$ oder

$$76. \quad N = \tfrac{1}{2}\sigma b(\nu+\lambda)(\nu-\lambda) = \tfrac{1}{2}\sigma b(\nu^2-\lambda^2).$$

C. Hier wäre wieder, wie in (§. 22.), die Frage, ob es besser sei, in dem Falle, wenn wie oben das Doppelte des eigentlich nöthigen Behälterraums vorhanden ist, bei jeder Fahrt die *Hälfte* davon *ganz* bis zur Spannung $1+\mu$, oder den ganzen Behälterraum *halb* bis zur Spannung $1+\frac{1}{2}(\mu+\nu)$ ausströmen zu lassen.

Im ersten Fall ist in (76.) $\lambda=\mu$ und $\frac{1}{2}b$ statt b zu setzen; im zweiten Falle ist $\lambda=\frac{1}{2}(\mu+\nu)$. Also ist

77. $N=\frac{1}{4}\sigma b(\nu-\mu)(\nu+\mu)$ im ersten und

78. $N=\frac{1}{4}\sigma b(\nu+\mu)(\frac{3}{2}\nu+\frac{1}{2}\mu)$ im zweiten Fall.

Es ist aber *immer* $\frac{3}{2}\nu+\frac{1}{2}\mu>\nu+\mu$, denn dies giebt $\nu>-\mu$, was *immer* der Fall ist. Also ist das Erstere, nemlich die Luft für jede Fahrt aus der *Hälfte* des Behälterraums b *ganz* ausströmen zu lassen, das *vortheilhaftere.*

D. Es ist demnach in (76.) $\lambda=\mu$ und $\frac{1}{2}b$ statt b zu setzen, welches

79. $N=\frac{1}{4}\sigma b(\nu-\mu)(\nu+\mu)$

giebt. Setzt man hierin noch den Ausdruck von b (49.), so ergiebt sich

80. $N=\frac{1}{4}\sigma\frac{1+\mu}{\nu-\mu}\varepsilon p(\nu-\mu)(\nu+\mu)=\frac{1}{4}\sigma(1+\mu)(\nu+\mu)\varepsilon p.$

Wird wie in (§. 17. *B.*) die Zahl der Secunden durch t und die Zahl der nöthigen Pferdekräfte $\varphi=400$ (16.) durch m_2 bezeichnet, so dafs

81. $m_2 t\varphi = N$

ist, so erhält man

82. $m_2=\frac{\sigma(1+\mu)(\nu+\mu)\varepsilon p}{4t\varphi}.$

E. Aus diesem Ausdrucke zeigt sich, was in §. 21. bemerkt wurde, dafs die nöthige Maschinenkraft um so *gröfser* ist, je gröfser man ν annimmt, also je stärker man die Luft in den Behältern zusammenpreſst, um den Raum derselben verkleinern zu können; und es mufs sich also hienach entscheiden, welches ν das vortheilhafteste sei.

Setzt man, wie in dem obigen Beispiele, $p=26666\frac{2}{3}$ (46.) $\varepsilon=2$, $\mu=\frac{1}{2}$, $t=3600$ (69.), so giebt (82.), weil $\sigma=1980$ und $\varphi=400$ ist, (15. und 16.),

83. $m_2=\frac{1980.1\frac{1}{2}.2.26666\frac{2}{3}}{4.3600.400}(\nu+\frac{1}{2})=27\frac{1}{2}(\nu+\frac{1}{2}).$

Es sind also der Reihe nach mit 10 pr. C. Zusatz für $\nu=2,\ 2\frac{1}{2},\ 3,\ 3\frac{1}{2}$, Maschinen von $m_2=76,\ 91,\ 106$ und 121 Pferdekräfte nöthig. Die Kosten von Dampfmaschinen von dieser Kraft, und zwar je zweier von der halben Kraft, sind der Reihe nach zu 19, 23, 26 und 28 Tausend Thaler anzuschlagen. Also ergiebt sich, zusammen mit (51.), Folgendes

84.

	Behälterraum.	Zahl der Cylinder.	Kosten derselben.	Kosten der Dampfmaschinen.	Summe der Kosten.
Für $\nu=2$	53333⅓ C. F.	105	42000 Thlr.	19000 Thlr.	61000 Thlr.
- $\nu=2\frac{1}{2}$	40000 - -	79	31600 -	23000 -	54600 -
- $\nu=3$	32000 - -	63	25200 -	26000 -	51200 -
- $\nu=3\frac{1}{2}$	26666⅔ - -	53	21200 -	28000 -	49200 -

Hienach wäre nun zwar für die *Anlagekosten* die *höchste* Spannung von $\nu=3\frac{1}{2}$ Atmosphären, welche die cylindrischen Behälter von 1 Linie dickem Blech zulassen, die vortheilhafteste. Aber die Ersparung von 11 800 Thlr. gegen die Spannung $\nu=2$ ist zu gering, als dafs nicht die *immerwährenden* mehreren Kosten der Heizung der stärkern Maschinen die Zinsen der Ersparung von 432 Thlr. jährlich vielfach überwiegen sollten. Es würde demnach am vortheilhaftesten sein, bei der Spannung $\nu=2$ stehen zu bleiben.

F. Die nöthige Gröfse k des Luftpumpenstiefels für $\nu=2$ ist aus (72.) und (84.), wenn man wieder annimmt, dafs die Luftpumpe 20 Schläge in der Minute macht, so dafs $n=1200$ ist (63.),

$$85. \quad k=(\nu-\mu)\frac{\frac{1}{2}b}{n}=\frac{(2-\frac{1}{2}).26666\frac{2}{3}}{1200}=33\tfrac{1}{3}\text{ C. F.}$$

Es sind also hier zwei Dampfmaschinen, jede von 38 Pferdekräften und ein Luftpumpenstiefel von 33⅓ C. F. Inhalt nöthig, dessen Kolben 20 Schläge in der Minute macht.

IX. *Vergleichung der Anordnungen ohne Behälter und mit Behältern.*

a. Erster Fall, mit verdünnter Luft in der Triebröhre.

24.

Für das angenommene Beispiel einer 24000 F. langen Triebröhre von 14 Zoll im Durchmesser und mit $\mu=\frac{1}{2}$ Triebkraft enthalten (§. 22. und 23.) die Berechnung der Behälter und der nöthigen Maschinen. Um die Resultate derselben mit dem Fall der *gleichen* Röhre *ohne* Behälter zu vergleichen, sind noch die Resultate für diesen letzten Fall nöthig. Sie sind zwar weiter oben für die Röhre bei Dublin berechnet worden, aber nicht für die jetzt angenommene.

A. Während der Fahrt sind nach (10.)

$$86. \quad n=\frac{p}{k}$$

Kolbenschläge der Luftpumpe nöthig, um die in der Triebröhre *vor* der Fahrt bis auf die Spannung $1-\mu$ verdünnte Luft vollends herauszuziehen.

Gewöhnlich wird man nun zwar nur mit 4 Meilen Geschwindigkeit in der Stunde fahren wollen: aber die Vorrichtungen müssen natürlich von der Art sein, dafs allenfalls auch ein Übriges geschehen kann. Es müssen also 8 Meilen Geschwindigkeit wenigstens *möglich* sein; eben wie bei Dublin. Alsdann mufs der Rest der Luft in $\frac{1}{8}$ Stunde oder $7\frac{1}{2}$ Minuten, und folglich, wenn wieder, wie immer, die Luftpumpe 20 Schläge in der Minute macht, durch 150 Schläge aus der Triebröhre herausgeschafft werden können. Also ist in (86.) $n = 150$ und dies giebt

$$87. \quad k = \frac{p}{n} = \frac{26666\frac{2}{3}}{150} = 178.$$

Der Luftpumpenstiefel mufs also hier 178 C. F. grofs sein. Oder vielmehr, es müssen für die zwei Dampfmaschinen *zwei* Luftpumpenstiefel, jede mit einem Stiefel von 89 C. F. vorhanden sein. Dieses in (9.) gesetzt, giebt

$$88. \quad n = \frac{-\log\frac{1}{2}}{\log 26666\frac{2}{3} - \log 26488\frac{2}{3}} = \frac{0{,}3010300}{4{,}4259742 - 4{,}4230607} = 103;$$

so dafs also die Luftpumpe die Luft aus der Triebröhre *vor* der Fahrt, so weit es nöthig, in $\frac{103}{20}$ oder etwa 5 Minuten herausschafft.

B. Die Zahl der nöthigen Pferdekräfte der Maschine zum Ausschöpfen der Luft *vor* der Fahrt ist nach (28.)

$$89. \quad m_1 = \frac{\sigma}{\varphi\tau}(kn - p\mu).$$

Da dieses Ausschöpfen nach (88.) durch 103 Kolbenschläge geschieht und jeder 3 Secunden braucht, so ist hier $\tau = 3.103 = 309$. Ferner ist $n = 103$ (88.), $k = 178$ (87.), $p = 26666\frac{2}{3}$, $\mu = \frac{1}{2}$, $\mu = \frac{1}{2}$, $\sigma = 1980$ (15.) und $\varphi = 400$ (16.), also giebt (89.)

$$90. \quad m_1 = \frac{1980}{400.309}(178.103 - 26666\tfrac{2}{3}.\tfrac{1}{2}) = 70.$$

Mithin sind zum Ausschöpfen der Luft *vor* der Fahrt $70 + \frac{1}{10}.70 = 77$ Pferdekräfte nöthig.

C. Die Zahl der Pferdekräfte zum Ausschöpfen des Rests der Luft *während* der Fahrt ist nach (30.)

$$91. \quad m_2 = \frac{\sigma\mu p}{t\varphi},$$

und hier ist $t = 7\frac{1}{2}$ Minuten $= 450$ Sec. Also ist

$$92. \quad m_2 = \frac{1980.\frac{1}{2}.26666\frac{2}{3}}{450.400} = 147 \text{ und } +10 \text{ pr. C.} = 162.$$

D. Es sind also hier, um die Luft *ohne* Behälter so aus der Röhre herauszuschaffen, dafs man mit 8 Meilen Geschwindigkeit fahren kann, zwei Dampfmaschinen, jede von 81 Pferdekräften, und zwei Luftpumpen, jede mit 89 C. F. Gröfse des Stiefels nöthig. Für die beiden Dampfmaschinen ist 33 000 Thlr. zu rechnen.

Zu der Vorrichtung *mit* Behältern waren nach (70.) zwei Dampfmaschinen, jede von 43 Pferdekräften, und zwei Luftpumpen, jede mit 35 C. F. Stiefelraum nöthig. Für diese beiden Dampfmaschinen ist 19 000 Thlr. zu rechnen. Die nöthigen *Behälter* kosteten nach (§. 20.) 16 000 Thlr., thut zusammen 35 000 Thlr., also nur 2000 Thlr. mehr als bei der ersten Art *ohne* Behälter. Diese 2000 Thlr. werden aber gewifs schon bei den Luftpumpen, welche noch nicht halb so grofs nöthig sind, reichlich erspart, so dafs die Anlagekosten der Vorrichtung *mit* Behältern *nicht* höher sind, als die *ohne* Behälter. Die Kosten beim Gebrauch werden auch nicht höher sein, da die kleinern Maschinen von 86 Pferdekräften 12 Stunden *ununterbrochen* nicht mehr zu heizen kosten werden, als die unterbrochene Heizung der stärkern Maschinen von 162 Pferdekräften zu dem 12mal etwa 12 Minuten oder zusammen etwa 2½ Stunden langen Gebrauch, was gewifs wenigstens 5 Stunden Heizung erfordert. Man *gewinnt* also rein die in §. 19. aufgezählten Vortheile der Behälter, und daher ist zu denselben unbedenklich zu rathen.

b. Zweiter Fall, mit zusammengepreifster Luft in der Triebröhre.

25.

A. Hier giebt (34.) die Gröfse k des Pumpenstiefels, nemlich

$$93. \quad k = (1+\mu)\frac{p}{n},$$

weil die Luft durch n Kolbenschläge während der Fahrt herauszuschaffen ist. Da in (§. 24. I.) $n = 150$ war, so findet sich

$$94. \quad k = 1\tfrac{1}{2}.\frac{26666\tfrac{2}{3}}{150} = 267.$$

Es sind also zwei Luftpumpen, jede mit 133½ Raum-Inhalt des Stiefels nöthig.

B. Die Zahl der nöthigen Pferdekräfte giebt (39.), nemlich

$$95. \quad m_2 = \frac{\sigma\mu(1+\mu)p}{t\varphi} = \frac{1980.\frac{1}{2}.\frac{2}{3}.26666\frac{2}{3}}{7\frac{1}{2}.60.400} = 220, \text{ und } +10\text{ pr. C.} = 242,$$

weil die Fahrt in 7½ Minuten zurückgelegt werden soll und also $t = 7\frac{1}{2}.60$ ist.

C. Es sind demnach für die Vorrichtung *ohne* Behälter 2 Dampfmaschinen, jede von 121 Pferdekräften, und 2 Luftpumpen, jede mit 133⅓ C. F. Stiefelraum nöthig. Für die beiden Dampfmaschinen ist 43 000 Thlr. zu rechnen.

Zu der Vorrichtung *mit* Behältern waren nach (23.) zwei Dampfmaschinen, jede von 38 Pferdekräften, und 105 Behälter, jeder von 509 C. F. Inhalt nöthig, welche nach (84.) zusammen 61 000 Thlr. kosteten; aber nur eine Luftpumpe von 33⅓ C. F. Stiefelraum.

Der Überschufs der Kosten von 18 000 Thlr. für die Dampfmaschinen und Behälter wird freilich vielleicht nicht ganz bei den kleineren Luftpumpen erspart werden, aber doch zum Theil. Die Heizung zweier Maschinen, jede von 38 Pferdekräften, ununterbrochen 12 Stunden lang, mag auch nicht weniger kosten, als die von zwei Maschinen, jede von 121 Pferdekräften zum 12mal 7½ Min. oder 1½ Stunden langen Gebrauch. Indessen ist der etwaige Überschufs der Kosten doch verhältnifsmäfsig viel zu gering, als dafs dadurch die Vortheile der Behälter zu theuer erkauft würden, und daher ist auch in diesem Fall wohl zu den Behältern zu rathen.

Anm. Es darf nicht unerwähnt bleiben, dafs hier ein Umstand, der auf die gröfsere oder geringere Geschwindigkeit der Fahrt Bezug hat, *nicht berücksichtigt* worden ist. Es ist nemlich zur *Hervorbringung der Geschwindigkeit* eine *dynamische* Kraft nöthig, deren Gröfse weiter unten berechnet werden wird. Hier bei der blofsen *Vergleichung* kam dieselbe aber nicht in Betracht, weil sie in den beiden Fällen, mit und ohne Behälter, *dieselbe* ist, und unter der Kraft, welche für den Triebkolben vorausgesetzt wird, als *mitbegriffen* zu betrachten war.

26.

Es ist aber noch der in (§. 19.) erwähnte *vierte* Vortheil der Behälter nachzuweisen, der sich erst jetzt, nachdem die nöthigen Formeln aufgestellt sind, näher zeigen läfst, und der dort, ohne dieselben, blofs angedeutet werden konnte.

A. Nachdem zunächst in dem *ersten* Falle, wo die Luft in der Triebröhre bis auf die Spannung oder Dichtigkeit $1-\mu$ *verdünnt* werden soll, um dem Triebkolben für die ganze Fahrt eine fortwährende Kraft μ zu geben, νb Cub. F. atmosphärische Luft aus dem zu *einer* Fahrt bestimmten Behälterraume

$$96. \quad b = \frac{p}{\nu - \mu}$$

ausgeschöpft worden sind, mufs man, damit zum Anfange der Bewegung der

Triebkolben die Kraft μ bekomme, den Hahn in der Verbindungsröhre des Behälters und der Triebröhre so lange öffnen, bis μp Cub. F. atmosphärische Luft aus der Triebröhre in den Behälter geströmt sind. Ist dann *zum Anfange* der Bewegung des Wagenzuges die mittlere Kraft μ *hinreichend*, so beginnt der Wagenzug seine Fahrt, und man kann nun weiter die *Geschwindigkeit* derselben, indem man mittels des Hahns die in der Triebröhre noch *übrig gebliebenen* $(1-\mu)$ C. F. atmosphärische Luft *allmälig* in den Behälter strömen läfst, nach Belieben oder Erfordern verstärken oder schwächen. Dieses *letztere* ist schon, wenn *ohne* Behälter die Maschine die Luft *unmittelbar* aus der Triebröhre schöpft, nachdem sie *vor* dem Anfange der Fahrt ebenfalls erst μp Cub. F. Luft aus derselben gezogen hat, *während* der Fahrt nicht anders möglich, als dafs man die Wirkung der Maschine *selbst* schwächt, oder antreibt; was bei den Behältern nie nöthig ist. Dies ist zunächst der *dritte* der in (§. 19.) aufgezählten Vortheile.

Aber es kann gerade zum *Anfange* der Bewegung eine *stärkere* Kraft des Triebkolbens als μ nothwendig sein: entweder um die am Schlufs des vorigen Paragraphs gedachte *dynamische* Kraft hervorzubringen, im Fall sich nicht der Bahn beim Anfange ein stärkeres Gefälle geben läfst, damit die *Schwere* im Verein mit der Triebkraft μ diese dynamische Kraft liefere: oder dann, wenn gar die Bahn beim Anfange der Strecke *steigen* mufs.

Diese *Verstärkung* der anfänglichen Kraft ist, wenn die Maschinen die Luft *unmittelbar* aus der Triebröhre schöpfen, nicht anders hervorzubringen, als dafs man sie *vor* dem Anfange der Bewegung *länger* arbeiten läfst, um die Luft in der Triebröhre erst *mehr* zu verdünnen. Auch kann die Maschine nicht etwa deshalb, weil sie nun *während* der Fahrt nur noch *weniger übrige* Luft aus der Triebröhre zu schöpfen hat, *schwächer* sein: denn da auf der Fahrt weiter hin wieder nur die mittlere Triebkraft μ nothwendig ist, so werden die Wagen, sobald der Widerstand, welchen sie finden, wieder abgenommen hat, dem Ausschöpfen der Maschinen gleichsam voreilen, so lange bis die Spannung $1-\mu$ der Luft in der Triebröhre wieder hergestellt ist; und dann mufs der Kolben für die weitere Fahrt immer die dieser Spannung angemessene Kraft haben. Sollte die vor dem Anfange der Fahrt erzeugte geringere Spannung der Luft in der Triebröhre *bleiben* (was aber unnütz wäre, indem dann ein Überschufs von Kraft vorhanden sein würde, der durch Hemmen wieder vernichtet werden müfste), so müfsten die Maschinen für das Ausschöpfen *während* der Fahrt sogar *stärker* sein, weil sie dann unter einem stärkeren Druck

der äufseren Luft zu arbeiten haben würden. Jedenfalls also ist eine ***Zulage*** an Kraft nöthig, wenn vor dem Anfange der Bewegung eine ***stärkere*** Kraft des Triebkolbens hervorgebracht werden soll.

Sind dagegen ***Behälter*** vorhanden, so läfst sich eine vor dem Anfange der Bewegung nöthige Verstärkung der Kraft blofs durch ***längere Öffnung des Hahns*** in der Verbindungsröhre hervorbringen, ohne dafs im geringsten vorher mehr Luft aus den Behältern auszuheben nothwendig wäre; und zwar eine ziemlich bedeutende Verstärkung.

Es ist nemlich die Luft aus dem für ***eine Fahrt*** bestimmten Behälterraume b bis zur Spannung $1-\nu$ und so weit ausgepumpt vorausgesetzt worden, dafs ***erst dann,*** wenn die ***gesammten*** in der Röhre enthaltenen p C. F. atmosphärische Luft in den Behälter eingelassen worden sind, in demselben die Spannung $1-\mu$ hergestellt wird. Werden also ***vor*** dem Anfange der Fahrt erst blofs diejenigen μp C. F. Luft in die Behälter gelassen, deren Entfernung aus der Triebröhre nothwendig ist, um dem Kolben die Triebkraft μ zu geben, so ist dadurch noch keinesweges die Fähigkeit des Behälters, Triebkraft hervorzubringen, erschöpft; vielmehr läfst sich die Spannung der Luft in der Triebröhre noch über $1-\mu$ hinaus, bis zu $1-x$ vermindern und also eine Triebkraft $x>\mu$ hervorbringen, wenn man den Hahn in der Verbindungsröhre ***so lange*** offen läfst, bis die Spannung der Luft in der Triebröhre mit der der Luft in dem Behälter ins Gleichgewicht sich gesetzt oder in ***beiden*** Räumen die ***gleiche*** Spannung angenommen hat. Es befinden sich nemlich in der Triebröhre p C. F. und in dem Behälter $(1-\nu)b$ C. F. atmosphärische Luft. Läfst man diese $p+(1-\nu)b$ C. F. Luft in den ***ganzen*** Raum $p+b$ sich verbreiten, so entsteht eine Spannung von

$$97. \quad 1-x = \frac{p+(1-\nu)b}{p+b}.$$

Dieses giebt

$$98. \quad x = 1-\frac{p+(1-\nu)b}{p+b} = \frac{\nu b}{p+b} = \frac{\nu}{1+\frac{p}{b}}.$$

Nun ist für ***eine*** Fahrt $b = \frac{p}{\nu-\mu}$ (44.). Dieses giebt $\frac{p}{b} = \nu-\mu$, also in (98.)

$$99. \quad x = \frac{\nu}{1+\nu-\mu}.$$

Dies ist Triebkraft, welche sich dem Kolben in der Triebröhre, statt derjenigen μ, ***blofs durch längere Öffnung des Hahns*** und ohne alle Vermehrung der

Wirkung der Maschinen vor dem Anfange der Bewegung geben läfst. Für die oben in dem Beispiel angenommenen $\nu = \frac{5}{8}$ und $\mu = \frac{1}{2}$ ist $x = \frac{5}{6(1+\frac{5}{8}-\frac{1}{2})} = \frac{5}{6+5-3} = \frac{5}{8}$, also um $\frac{1}{8}$, oder um den *vierten* Theil gröfser als μ. Eine solche Verstärkung der Triebkraft kann dem Werke unter schwierigen Umständen sehr zu Statten kommen. *Während* der Fahrt geht *nichts verloren*. Läfst man den Hahn fernerhin ganz offen, so sinkt die Triebkraft, so wie der Kolben die nun in der Röhre noch befindlichen xp C. F. atmosphärische Luft durch sein Übergewicht in den Behälter treibt, von selbst allmälig bis zu der Triebkraft μ hinab, die aber der Kolben auch noch bis zum Schlusse der Fahrt behält. Will man die Geschwindigkeit, und also den Überschufs von x über μ mäfsigen, so darf man nur den Hahn ein wenig verschliefsen, und ihn wieder öffnen, sobald es erforderlich ist.

B. In dem *zweiten* Fall, wenn die Luft in der Triebröhre *zusammengepreſst* werden soll, ist es offenbar, dafs, wenn im Anfange der Bewegung durch die *unmittelbare* Wirkung der Maschine auf die Triebröhre eine stärkere Kraft des Triebkolbens als μ hervorgebracht werden soll, dazu auch mehr Kraft nöthig ist. Denn die Kraft, um den Kolben der Pumpe niederzudrücken, ist $\varkappa\mu\sigma$ (35.): sie ist also gröfser, wenn μ gröfser ist. Sind dagegen *Behälter* vorhanden, in welchen die Kraft stärker als auf die Spannung μ zusammengepreſst ist, und sein mufs, so ist nichts weiter nöthig, als den Hahn mehr zu öffnen. In dem obigen beispielsweise gesetzten Falle, wo $\nu = 2$ angenommen wurde, läfst sich die Kraft des Triebkolbens beim Anfange der Bewegung bis auf $\nu = 2$, also gegen μ nicht blofs um den vierten Theil, sondern bis auf das *vierfache* verstärken.

Also auch in diesem Punct gewähren die Behälter einen wesentlichen Vortheil.

Es ist allerdings wahr, dafs sich die Resultate der Vergleichung der beiden Vorrichtungen, ohne Behälter und mit Behältern, ändern, wenn überhaupt eine gröfsere oder geringere Triebkraft des Kolbens in der Triebröhre, oder deshalb eine gröfsere oder kleinere Triebröhre nöthig ist. Die Vergleichung kann nach den obigen Ausdrücken angestellt werden: allein man wird auch immer, wenigstens in den gewöhnlichen Fällen, finden, dafs die Vorrichtung *mit* Behältern, worauf es hier allein ankam, vortheilhafter ist, als die *ohne* Behälter.

X. Vorrichtung No. III. §. 4. mit einer durch eingepumpte Luft sich aufblähenden Triebröhre ohne Schlitz.

27.

Diese Vorrichtung ist, was die Wirkung der Maschine auf sie betrifft, ganz in *demselben* Falle wie die No. II. einer Triebröhre mit *Kolben*, in welcher die Luft *hinter* dem Kolben, entweder durch die Maschine unmittelbar, oder durch Vermittlung von Behältern zusammengepreſst wird. Alle obigen, die Vorrichtung No. II. angehenden Formeln, Berechnungen und Bemerkungen passen also auch unverändert auf No. III. Allein es fragt sich, ob und in wiefern etwa die auf die Spannung $1+\mu$ zusammengepreſste Luft auf das Forttreiben des Wagenzuges vermittels des Rades R (Fig. 7.), bei gleichem Querschnitt und Raum-Inhalt der Triebröhre, *anders* wirke, als vermittels eines Triebkolbens.

In Fig. 10. stelle CFA das Rad, $DFEA$ die Triebröhre vor. Es sei $AM=x$, $MP=y$, der Bogen $AP=s$, $CA=r$, $GA=h$. Das Differential des Bogens ds wird nach der Richtung RPC, senkrecht auf die Tangente TQ, mit der Kraft μds gedrückt, wenn μ, wie oben, der Überschuſs der Spannung $1+\mu$ der Luft in der Triebröhre über die Spannung 1 der äuſsern Luft ist. Diese Kraft bringt eine Kraft $\mu ds.\frac{RN}{RP}=\mu\partial s.\frac{\partial x}{\partial s}=\mu\partial x$ nach der Richtung BP und eine Kraft $\mu ds.\frac{NP}{RP}=\mu\partial s.\frac{\partial y}{\partial s}=\mu\partial y$ nach der Richtung NP hervor. Die erste ist das Differential der Kraft, welche das Rad, und folglich den Wagenzug *forttreibt;* die andere ist das Differential der Kraft, welche das Rad senkrecht *hebt.*

Das Integral von $\mu\partial x$ ist $\mu x+$ Const., und da dasselbe für $x=0$, Null, also Const. $=0$ ist, das gesammte Integral aber für $x=h$ gefunden wird, so ist dieses Integral

$$100. \quad =\mu h=\mu.AG.$$

Das Integral $\mu\partial y$ ist $\mu y+$ Const., und da dasselbe ebenfalls für $y=0$, Null, also Const. $=0$ ist, das gesammte Integral aber für $y=FG=\nu(2rh-h^2)$ gefunden wird, so ist dasselbe

$$101. \quad =\mu\sqrt{(2rh-h^2)}=\mu.FG.$$

Multiplicirt man (100. und 101.) noch mit der *Breite* der Röhre, so findet sich, daſs die Kraft, welche das Rad und den Wagenzug forttreibt, μmal der *Querschnitt* der Röhre ist; und dies ist *ganz dasselbe wie bei dem Trieb-*

kolben. Die Kraft, welche das Rad ***hebt,*** ist μmal der ***Querschnitt*** der Röhre multiplicirt mit $\frac{FG}{GA}$. Diese Kraft bestimmt das Minimum für das ***Gewicht*** des Rades.

Also wirkt die zusammengepreſste Luft in der sich ***aufblähenden*** Röhre auf das Forttreiben des Wagenzuges ***völlig eben so,*** wie sie auf einen ***Triebkolben*** in einer Röhre von demselben Querschnitt wirken würde. Folglich ist No. III. auch in diesem Punct von No. II. ***nicht*** verschieden.

Setzt man, wie oben in der Beschreibung (§. 13.) und in den Zeichnungen angenommen ist, den Halbmesser r des Rades $= 30$ Zoll, die Höhe h der Röhre $= 6$ Zoll, so ist $FG = \sqrt{(2.30.6 - 6^2)} = 18$ Zoll, also $\frac{FG}{GA} = \frac{18}{6} = 3$. Daher wird bei diesen Maafsen das Rad von der eingepreſsten Luft mit dem ***Dreifachen*** 3μ der ***Triebkraft*** des Kolbens ***gehoben.*** Diese Kraft wird immer nur ein kleiner Theil des Gewichts sein, welches man das Rad niederdrücken lassen kann, so daſs etwa hierdurch der Ausführbarkeit der Vorrichtung No. III. nichts entgegensteht; im Gegentheil hat das Heben des Rades durch die Luft noch den kleinen Vortheil, daſs es um so viel die fortzutreibende Last gleichsam vermindert.

XI. Verhalten der Wirkung der Luft in Triebröhren zu der fortzubewegenden Last.

a. Nöthige Zugkraft.

28.

Das Gewicht der auf der Eisenbahn fortzubewegenden Wagen sei . . . . . $= Q$ Pfunde.

Der Theil dieses Gewichts, welcher nöthig ist, die Reibung der Räder an den Schienen und der Wagen-Achsen in ihren Lagern zu überwinden, also die Wagen auf ***horizontaler*** Bahn fortzuziehen, sei . . . . . $= nQ$ Pfunde.

Der Winkel, welchen die Bahn gegen den Horizont macht, sei . . . . . $= \beta$.

Steigt die Bahn, so ist β ***positiv*** zu nehmen, fällt sie, ***negativ.*** Die nöthige Zugkraft sei . . . . . $= Z$.

Das Gewicht Q drückt perpendiculair auf die Schienen mit der Kraft $Q\cos\beta$; also ist die daraus entstehende Reibung, welche zunächst die Zugkraft ***in der Richtung der Bahn*** zu überwinden hat, $= nQ\cos\beta$. Ferner ist eine Kraft $Q\sin\beta$, ebenfalls in der Richtung der Bahn, nöthig, um die Last Q auf dem Abhang β fortzuziehen; welche Kraft die Zugkraft gleichfalls zu überwinden hat. Es mufs also für das ***Gleichgewicht*** der Zugkraft und des Widerstandes $Z = nQ\cos\beta + Q\sin\beta$ oder

$$102. \quad Z = Q(n + \operatorname{tang}\beta)\cos\beta \text{ sein.}$$

Die Richtung der Zugkraft ist die der Bahnschienen; welche Richtung auch die Kraft in der Triebröhre haben mag. In dem Ausdruck von Z (102.) wird aber $\cos\beta$, selbst für den stärksten Abhang einer Eisenbahn, welcher vorkommen kann, immer nur sehr wenig von 1 verschieden sein. Z. B. selbst für einen Abhang von 1 auf 25, also für $\operatorname{tang}\beta = 0{,}04$, ist $\cos\beta$ schon 0,9992, also von 1 nur um $0{,}0008 = \frac{1}{1250}$ verschieden; für einen Abhang von 1 auf 40, also für $\operatorname{tang}\beta = 0{,}025$, ist $\cos\beta = 0{,}99969$, also von 1 nur um 0,00031 $= \frac{1}{3126}$ verschieden. Man wird daher ohne merklichen Fehler im allgemeinen $\cos\beta = 1$ und folglich statt (102.) blofs

$$103. \quad Z = Q(n + \operatorname{tang}\beta)$$

setzen können; jedoch kann man für sehr steile Stellen der Bahn den genaueren Ausdruck (102.) beibehalten.

b. Nöthige Kraft zur Hervorbringung der Geschwindigkeit.

29.

A Die Kraft Z (102. oder 103.) ist erst die, welche dem Widerstande das ***Gleichgewicht*** hält. Sie bringt noch keine ***Bewegung*** hervor. In der That: läfst man sie bei der Abfahrt auf die Wagen wirken, so wird zwar die geringste weitere Zulage zu der Kraft den Wagenzug in Bewegung setzen, aber *ohne* Zulage bleiben die Wagen stehen. Es ist demnach zum ***Anfange*** der Bewegung noch eine ***Zulage an Kraft*** nöthig, um in einer bestimmten Zeit die Geschwindigkeit, mit welcher man fahren will, ***hervorzubringen.*** Mit dieser Zulage verhält es sich wie folgt.

B. Liefse man eine ***unveränderliche*** Kraft, über Z hinaus, während T Secunden wirken, so würde dieselbe, gleich der Kraft der Schwere, eine ***gleichförmig zunehmende*** Geschwindigkeit hervorbringen, und die Kraft müfste so lange wirken, bis die verlangte Geschwindigkeit erreicht ist. Aber man wird es vielleicht vorziehen, nur erst Anfangs die Wagen in der Zeit t schnell

in Bewegung zu setzen, wenn auch hernach ihre Geschwindigkeit weniger schnell zunimmt. Zu diesem Ende müfste die Kraft Anfangs am stärksten sein und könnte dann allmälig bis zu Null, etwa *gleichförmig*, abnehmen.

C. Man setze daher, die beschleunigende Kraft, welche angewandt wird, sei

$$104. \quad q.\frac{T-t}{T},$$

nemlich $=q$ für $t=0$ und, gleichförmig abnehmend, $=0$ für $t=T$. Diese Kraft bringt in der Zeit ∂t die Geschwindigkeit $\partial v=2gq.\frac{T-t}{T}\partial t$ hervor; also ist $v=2gq\left(t-\frac{t^2}{2T}\right)+\text{Const.}$, und da $v=0$ für $t=0$, also Const. $=0$ ist,

$$105. \quad v=2gqt\left(1-\frac{t}{2T}\right) \text{ und für } t=T, \quad v=gqT.$$

Mit der Geschwindigkeit v wird in der Zeit ∂t der Raum $\partial x=v\partial t=\left(t-\frac{t^2}{2T}\right)\partial t$ durchlaufen. Dies giebt $x=gq\left(t^2-\frac{t^3}{3T}\right)+\text{Const.}$ und, da $x=0$ für $t=0$ ist, Const. $=0$, also

$$106. \quad x=gqt^2\left(1-\frac{t}{3T}\right) \text{ und für } t=T, \quad x=\tfrac{2}{3}gqT^2.$$

D. Wäre die beschleunigende Kraft *nicht* gleichförmig abnehmend, sondern *unveränderlich*, so wäre, statt des Obigen ∂v, $\partial v_1=2gq_1\partial t$ und $v=2gq_1t+\text{Const.}$ und, wegen Const. $=0$,

$$107. \quad v_1=2gq_1t \text{ und für } t=T, \quad v_1=2gq_1T,$$

sowie $\partial x_1=v_1\partial t=2gq_1t\partial t$, also $x_1=gq_1t^2+\text{Const.}$ und, wegen Const. $=0$,

$$108. \quad x_1=gq_1t^2 \text{ und für } t=T, \quad x_1=gq_1T^2.$$

E. Das *Moment M* einer Kraft ist *das Product derselben in die Zeit:* also ist M in dem ersten obigen Fall das Integral von $q.\frac{T-t}{T}\partial t$, im zweiten Fall von $q\partial t$, folglich

$$109. \quad M=q\left(t-\frac{t^2}{2T}\right) \text{ und } M=\tfrac{1}{2}qT \text{ für } t=T \text{ für den } \textit{ersten} \text{ und}$$

$$110. \quad M_1=q_1t, \text{ also } M_1=q_1T \text{ für } t=T \text{ für den } \textit{zweiten} \text{ Fall;}$$

denn in beiden Fällen ist Const. $=0$.

F. Nimmt man nun die veränderliche abnehmende Kraft q für den *Anfang* der Bewegung *doppelt* so grofs an, als die *unveränderliche* Kraft q_1, also $q=2q$, so ist zufolge (109. und 110.) das *Moment dasselbe.* Desgleichen wird durch beide Kräfte, wie aus (105. und 107.) zu sehen, in *derselben* Zeit T *dieselbe* Geschwindigkeit v erlangt: aber der *Raum* x, durch

welchen die ***abnehmende*** Kraft $2q_1$ in der Zeit T den Wagenzug getrieben hat, ist zufolge (106. und 108.) für $q = 2q_1$ gleich $\frac{1}{3} g q_1 T^2$, also um $\frac{1}{3}$ ***gröfser*** als der Raum $g q_1 T^2$, durch welchen die ***unveränderliche*** Kraft q_1 den Wagenzug in eben der Zeit T fortbringt. Und da nun das ***Moment*** der beiden Kräfte dasselbe ist, und es darauf ankommt, in derselben Zeit einen möglichst grofsen Raum zu durchlaufen, so wäre die ***doppelte***, gleichförmig bis zu Null ***abnehmende*** Kraft, wenn eine solche zu haben ist, im allgemeinen ***vortheilhafter,*** als die ***einfache unveränderliche*** Kraft.

G. Die nöthige ***beschleunigende,*** gleichförmig abnehmende Kraft q, um in der Zeit T die Geschwindigkeit v hervorzubringen, ist nach (105.)

$$111. \quad q = \frac{v}{gT},$$

also die für die Masse Q nöthige ***bewegende*** Kraft

$$112. \quad 2K = qQ = \frac{v}{gT} Q.$$

Es wird hinreichend sein, wenn von der Ruhe an die Geschwindigkeit von 4 Meilen auf die Stunde, also $26\frac{2}{3}$ F. in der Secunde, in 2 Minuten hervorgebracht wird; denn in 3 Minuten wird man dann schon 6 Meilen, in 4 Minuten 8 Meilen Geschwindigkeit erlangen. Man kann also in (112.) $v = 26\frac{2}{3}$, $T = 2.60 = 120$ setzen, welches, da $g = 15\frac{5}{8}$ F. ist,

$$113. \quad qQ = \frac{26\frac{2}{3}}{15\frac{5}{8}.120} \cdot Q = \text{etwa } \tfrac{1}{70} \text{ Q. giebt.}$$

Es ist also etwa der 70te Theil des ***Gewichts des Wagenzuges*** Q nöthig, um die verlangte Wirkung hervorzubringen. Der bis zur Erlangung der Geschwindigkeit $v = 26\frac{2}{3}$ durchlaufene ***Raum*** ist zufolge (106.)

$$114. \quad x = \tfrac{2}{3}.15\tfrac{5}{8}.\tfrac{1}{70}.120^2 = 2143 \text{ F.} = 179 \text{ Ruthen.}$$

H. Ist eine so starke Kraft nicht gut zu haben, so bringt auch die ***Hälfte*** davon, also $\frac{Q}{140} = K$, aber ***unveränderlich*** stark, in 2 Minuten ebenfalls die Geschwindigkeit $v = 26\frac{2}{3}$ F. hervor, aber es werden dann nach (108.) in den 2 Minuten nicht 179 Ruthen, sondern nur

$$115. \quad x_1 = 15\tfrac{5}{8}.\tfrac{1}{140}.120^2 = 134 \text{ Ruthen Weges}$$

zurückgelegt. Da der Unterschied nicht bedeutend ist, so ist es ***practisch*** wieder besser, die ***Hälfte*** der Kraft ***unveränderlich*** wirken zu lassen, als die ganze Kraft abnehmend.

I. ***Jeder beliebige*** Überschufs an Kraft bringt am Ende die verlangte Geschwindigkeit hervor; aber erst in um so längerer Zeit, je schwächer die

Kraft ist. Aus (107.) folgt

$$116. \quad T = \frac{v_1}{2gq_1},$$

welche Zeit nöthig ist, um durch die beschleunigende *gleichförmige* Kraft q_1 oder durch die bewegende Kraft $q_1 Q$ die Geschwindigkeit v_1 zu erzeugen. Der dabei durchlaufene Raum ist nach (108.) $x_1 = g q_1 T^2$, also, wenn man hierin den Werth von T aus (116.) setzt,

$$117. \quad x_1 = g q_1 \frac{v_1^2}{4g^2 q_1^2} = \frac{v_1^2}{4gq_1}.$$

Wäre die Zeit T hindurch die Geschwindigkeit v_1 *schon vorhanden gewesen*, so würde der Raum x_1 (47.) in

$$118. \quad \frac{x_1}{v_1} = T_1 = \frac{v_1}{4gq_1}$$

Secunden durchlaufen worden sein. Es gehen also auf die Hervorbringung der Geschwindigkeit v_1

$$119. \quad T - T_1 = \frac{v_1}{2gq_1} - \frac{v_1}{4gq_1} = \frac{v_1}{4gq_1} \text{ Secunden Zeit}$$

verloren, und diese Zeit ist um so gröfser, je kleiner q_1 ist. Für $q_1 = \frac{1}{140}$ und $v_1 = 26\frac{2}{3}$, wie oben z. B., ist $T - T_1 = \frac{26\frac{2}{3} \cdot 140}{4 \cdot 15\frac{5}{8}} = 60$ Sec. $= 1$ Minute. Für $q_1 = \frac{1}{280}$ wäre $T - T_1 = 2$ Minnten; für $q_1 = \frac{1}{1000}$ gleich $7\frac{1}{2}$ Minuten; welches letztere schon zu viel ist. Man wird nicht wohl q_1 kleiner als $\frac{1}{280}$ bis $\frac{1}{300}$ annehmen dürfen.

K. Läfst sich die *Triebkraft* so einrichten, dafs sie jedesmal in allen Puncten der Bahn und für die verschiedenen Gefälle β immer genau der Kraft $Z = Q(n + \tang\beta)$ (103.) gleich ist, so ist die Zulage der während der Zeit T wirkenden unveränderlichen Kraft $K = \frac{vQ}{2gT}$ (112.) *nur einmal*, nemlich *nur* beim *Anfange* der Bewegung nöthig, und der Wagenzug rollt, nachdem er einmal die Geschwindigkeit v_1 erlangt hat, mit dieser gleichbleibenden Geschwindigkeit durch die ganze Bahn. Ist dagegen die Triebkraft *nicht* veränderlich (und dies ist im Allgemeinen der Fall in einer *Triebröhre*), so ist *jedesmal*, wenn die Geschwindigkeit in Folge des Ersteigens von Anhöhen abgenommen hat, wieder eine *neue* Kraft zur *Herstellung* der Geschwindigkeit nothwendig.

c. Moment der nöthigen Zugkraft.

30.

A. Das Product einer Kraft in die ***Länge*** des Weges kann bei der ***gleichförmigen*** Bewegung ebenfalls als ein ***Moment*** derselben betrachtet werden. Dasselbe ist gleich der Summe der ***für die Dauer der Fahrt*** nöthigen ***Pferdekräfte*** und giebt also, dividirt durch die Zahl der Secunden, welche die Bewegung währt, und durch das Moment einer Pferdekraft für eine Secunde, die Anzahl der nöthigen ***Pferdekräfte.*** Wenn nemlich die Kraft $= Z$, die Länge des Weges L, die Zeit der Bewegung t ist, und eine Pferdekraft für eine Secunde wie oben durch φ, ihre Anzahl durch m ausgedrückt wird, so ist

$$120. \qquad ZL = m\varphi t \quad \text{und} \quad m = \frac{ZL}{\varphi t}.$$

Wäre z. B. $Z = 480$ Pfd., $L = \frac{1}{2}$ Meile $= 12\,000$ F., $t = 1$ Stunde $= 3600$ Sec., so giebt (120.), weil $\varphi = 120.3\frac{1}{3} = 400$ ist (16.), $m = \frac{480.12000}{400.3600} = 4$. Es wären also 4 Pferdekräfte nöthig, um 480 Pfd. in 1 Stunde $\frac{1}{2}$ Meile weit zu ziehen; dies vermögen in der That 4 Pferde ***unmittelbar,*** denn jedes hat 120 Pfd. Zugkraft und $3\frac{1}{3}$ F. Geschwindigkeit in der Secunde, mit welcher es die halbe Meile in einer Stunde zurücklegt. Soll der Weg in geringerer Zeit zurückgelegt werden, so vermögen dies zwar die Pferde nicht unmittelbar, wohl aber vermag es eine verhältnifsmäfsig gröfsere ***Zahl*** von Pferden in verhältnifsmäfsig kürzerer ***Zeit,*** wenn man sie irgend eine ***Maschine*** in Bewegung setzen läfst, durch welche die verlangte gröfsere Geschwindigkeit hervorgebracht wird. Immer drückt ZL die Summe der Pferdekräfte ***für die bestimmte Zeit*** t aus und ist daher ein wirkliches, unveränderliches Moment der Kraft.

B. Nun habe die Bahn der Reihe nach zunächst auf die horizontal gemessene Länge L_1 den Neigungswinkel β_1 gegen den Horizont und ersteige auf diese Länge die senkrechte Höhe h_1, oder senke sich um dieselbe hinab, wenn β_1 negativ ist; weiterhin auf die Länge L_2 den Neigungswinkel β_2 für die Höhe h_2; ferner auf die Länge L_3 den Neigungswinkel β_3 für die Höhe h_3 u. s. w. Die ganze horizontal gemessene Länge der Bahn sei

$$121. \qquad L = L_1 + L_2 + L_3 \ldots.$$

Die Höhen $h_1, h_2, h_3, \ldots$ werden durch

$$122. \qquad h_1 = L_1 \operatorname{tang} \beta_1, \quad h_2 = L_2 \operatorname{tang} \beta_2, \quad h_3 = L_3 \operatorname{tang} \beta_3, \ldots.$$

ausgedrückt.

Dann ist das *obige Moment* der *Zugkraft* auf die Länge L_1, nach (103.) ausgedrückt, $L_1 Q(n+\text{tang}\beta_1)$, auf die folgende Länge L_2 gleich $L_2 Q(n+\text{tang}\beta_2)$, auf die weiter folgende Länge $= L_3 Q(n+\text{tang}\beta_3)$ u. s. w. Mithin ist das *gesammte Moment* der Zugkraft für die *ganze* Länge der Bahn, welches durch W bezeichnet werden mag, für die bestimmte Zeit t, in welcher die Bahn durchlaufen werden soll,

123. $W = Q[nL_1 + nL_2 + nL_3 \ldots + L_1\text{tang}\beta_1 + L_2\text{tang}\beta_2 + L_3\text{tang}\beta_3 \ldots]$

und dies ist gemäfs (121. und 122.) so viel als

124. $W = Q(nL + h_1 + h_2 + h_3 \ldots)$.

Stellt man sich noch n (§. 28. *A.*) als die Tangente eines Winkels ζ vor und setzt

152. $nL = L\text{tang}\zeta = H,$

so ist H diejenige *Höhe,* welche die Bahn noch ersteigen würde, wenn sie ihre *ganze Länge* L hindurch einen Abhang *mehr* hätte, dessen Winkel mit dem Horizont $= n$ wäre. Nach dieser Bezeichnung und wenn man noch

126. $h_1 + h_2 + h_3 \ldots = H_1$

setzt, ist dann in (124.)

127. $W = Q(H + H_1)$.

C. Da nun H_1 (126.) nichts anders ausdrückt, als die *Höhe,* um welche der *Endpunct* der Bahn *höher* oder *tiefer* liegt als ihr *Anfangspunct,* so folgt, dafs das Moment der nöthigen Zugkraft für die ganze in der Zeit t zu durchlaufende Länge der Bahn kein anderes ist als das, welches nöthig sein würde, das *ganze Gewicht* Q *des Wagenzuges* auf die Höhe $H = Ln$ (125.) *plus* oder *minus* der Höhe, welche der Endpunct der Bahn höher oder tiefer liegt als ihr Anfangspunct, in der nemlichen Zeit t *senkrecht in die Höhe zu heben;* und zwar in dem Fall, *wenn sich in jedem Puncte der Bahn die Zugkraft nach den verschiedenen Abhängen* $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \ldots$ *genau dem Ausdruck* $Z = Q(n+\text{tang}\beta)$ (103.) *gemäfs einrichten, auch auf den Abhängen* β, *wo* $Q(n+\text{tang}\beta)$ *negativ ist, der Überschufs der Wirkung der Schwere aufsammeln läfst.* Ist das letztere nicht füglich möglich, so mufs man diejenige *negative* Höhe h, für welche $Q(n+\text{tang}\beta)$ *negativ* ist, von H_1 (126.) *ausschliefsen* und nur die andere *negative* Höhe zu den *positiven* beibehalten, für welche $Q(n+\text{tang}\beta)$ noch *positiv* ist; die *positiven* Höhen kommen unbeschränkt in Rechnung, was auch β für sie sein mag. Sind *keine* β vorhanden, für welche $Q(n+\text{tang}\beta)$ *negativ,* also $\text{tang}\beta < n$ ist, das heifst, keine

Stellen der Bahn, wo sie *stärker fällt*, als um $\text{tang}\beta = n$, so leidet das obige Resultat *keine* Veränderung.

D. Es wird nach (§. 28. *A.*) durch n der *Bruch* bezeichnet, mit welchem Q multiplicirt werden mufs, um die zur Überwindung der Reibung des Wagenzuges auf *horizontaler* Bahn nöthige Kraft zu finden. Nach der Erfahrung kann auf Eisenbahnen

$$128. \quad n = \frac{1}{250}$$

gesetzt werden. Also ist $H = nL = \frac{L}{250}$ (125.) und in (127.)

$$129. \quad W = Q\left(\frac{L}{250} + H_1\right).$$

E. Zu diesem W kommt noch das Moment der dynamischen Kraft (§. 29.) hinzu, welche beim Anfange der Bewegung zur Hervorbringung der verlangten Geschwindigkeit der Fahrt nöthig ist. Da aber dieses Moment bei der *Vergleichung*, die nun folgen soll, das nemliche bleibt, so kommt es bei dem Vergleiche nicht in Betracht.

d. Vergleichung.

31.

Auf Eisenbahnen mit Triebkolben in einer Triebröhre läfst sich die Triebkraft im allgemeinen *nicht* nach Erfordern der verschiedenen Abhänge der Bahn verstärken oder schwächen, sondern sie ist im allgemeinen der *unveränderliche* Überschufs μ des Drucks der Luft auf den Triebkolben, mag dieser Überschufs durch *Verdünnung* der Luft *vor* dem Kolben, oder durch *Zusammenpressung* der Luft *hinter* dem Kolben hervorgebracht werden.

Zwar läfst sich allerdings μ *verändern*, und zwar in dem Fall der *Verdünnung* der Luft *vor* dem Triebkolben dadurch, dafs man, wenn keine Behälter vorhanden sind, das Auspumpen mäfsigt oder verstärkt, und wenn Behälter vorhanden sind, den Hahn in der Verbindungsröhre mehr oder weniger verschliefst; desgleichen in dem Fall der *Verdichtung* der Luft *hinter* dem Triebkolben durch ein ähnliches Verfahren. Aber die Veränderung der Triebkraft kann immer nur durch den *Maschinisten bei der Luftpumpe oder bei den Behältern*, nicht durch den *Führer des Wagenzuges* geschehen; welcher gleichwohl allein wissen kann, ob und welche Verstärkung oder Schwächung der Triebkraft nöthig sei. Zwar gedenkt man einen electrischen Telegraphen

anzubringen, durch welchen der Führer des Wagenzuges dem Maschinisten *augenblicklich* anzeigen könne, was er zu thun habe. Ob dieses Mittel practicabel sein werde, mufs erst noch die Erfahrung lehren. Aber auch angenommen, es sei ausführbar, so bleibt doch noch eine zweite, und *viel gröfsere* Schwierigkeit. Wenn nemlich auch der Wagenführer dem Maschinisten durch den Telegraphen *augenblicklich* anzeigen kann, was nöthig sei, so *wirkt* doch Das, was der Maschinist zu thun *im Stande ist*, nemlich das mehr oder weniger Zulassen von Luft, *nicht eben so augenblicklich*. Die Anzeige des Nothwendigen müfste also durch den Wagenführer jedesmal eine *angemessene Zeit vorher* geschehen. Und dafs der Führer im Stande sei, diese Zeit während der reifsenden Schnelligkeit der Fahrt jedesmal richtig zu berechnen, ist nicht wahrscheinlich.

Es ist daher in der Ausübung wohl schwerlich auf eine *willkürliche*, dem Bedürfnifs jedes Augenblicks angemessene Veränderung der Triebkraft für Röhren-Eisenbahnen zu rechnen; wenigstens würden, wenn auch wirklich eine so überaus künstliche Einrichtung *möglich* sein sollte, öftere und arge Mifsgriffe und Versehen gewifs nicht ausbleiben, und diese könnten dann leicht so viel *Schaden* und selbst so grofse *Gefahren* zur Folge haben, dafs dagegen der etwa zu erlangende Vortheil nicht aufkäme. Denn da dem Maschinisten vom Wagenführer höchstens angezeigt werden kann, ob so eben die Fahrt zu langsam oder zu schnell vor sich gehe, so kann es, wenn die Abhänge der Bahn schnell und oft wechseln, was auf längern Linien häufig der Fall sein wird, besonders wenn die Bahn, wie es so sehr zu wünschen ist, mehr *dem Terrain folgt*, nur zu leicht geschehen, dafs die Triebkraft gerade da, wo sie abnehmen sollte, zunimmt, und umgekehrt. Practisch scheint es daher, könne man immer nur auf eine *unveränderliche* Triebkraft rechnen.

Nimmt man dieselbe nun auf *diese* Weise an, so ist es offenbar, dafs sie stark genug sein müsse, um mit ihr den *stärksten der vorkommenden Abhänge zu ersteigen*. Und da sie nun *unveränderlich* sein soll, so mufs sie *eben so stark* sein, als wenn der *stärkste der Abhänge durch die ganze Länge der Bahn Statt fände*. Da wo sie *zu stark* ist, bleibt nichts übrig, als den Überschufs durch *Hemmen zu vernichten*. Bezeichnet man daher den *stärksten* der Abhänge durch β_m und setzt

$$130. \quad \text{tang}\,\beta_m = n_m,$$

so ergiebt sich nach (123.) für das *Moment* auf einer Eisenbahn mit Triebröhre und Triebkolben, welches W_1 bezeichnen mag,

$$W_1 = Q[nL_1 + nL_2 + nL_3 \ldots + Ln_m] \text{ oder}$$
$$W_1 = Q(nL + n_m L) \text{ oder, da } n = \tfrac{1}{250} \text{ ist (128.)},$$
131. $$W_1 = QL(\tfrac{1}{250} + n_m).$$

Dieses Moment kann nun leicht *bei weitem* gröfser sein, als das Moment W (127. oder 129.) der *wirklich* nöthigen Kraft. Nimmt man z. B. eine Bahn an, deren Anfangs- und Endpuncte *gleich hoch* liegen, so ist in (129.) $H_1 = 0$ und also

132. $$W = \frac{QL}{250} = \tfrac{4}{1000} QL.$$

Beträgt der *stärkste* Abhang dieser Bahn auch nur 1 auf 100, welches nicht viel ist, wenn man, um Erd-Arbeiten zu sparen, mehr dem Terrain folgen will, so ist $n_m = \frac{1}{100}$, also nach (131.)

133. $$W_1 = QL(\tfrac{1}{250} + \tfrac{1}{100}) = \tfrac{14}{1000} QL.$$

Das Moment W_1 der nöthigen Triebkraft auf der Eisenbahn mit Triebröhre und Triebkolben ist also hier schon $\frac{14}{4} = 3\frac{1}{2}$*mal so stark,* als nöthig sein würde, wenn man die Triebkraft während der Fahrt nach dem jedesmaligen augenblicklichen Bedürfnifs verstärken oder schwächen könnte. In diesem Punct also sind die Eisenbahnen mit Triebröhre und Triebkolben gegen diejenigen, wo der Wagenführer die Triebkraft in der Gewalt hat, was z. B. auf Eisenbahnen mit *Dampfwagen* so ziemlich der Fall ist, *sehr im Nachtheil.*

Es scheint zwar, dafs der Überschufs der Triebkraft über das Bedürfnifs nicht ganz durch *Hemmen* zu vernichten nöthig sei, sondern dafs man damit vielmehr *um so schneller fahren könne.* Allein es wird vorausgesetzt, und darf vorausgesetzt werden, dafs bei der andern Art, wo der Wagenführer die Triebkraft in der Gewalt hat, schon jede Geschwindigkeit, die zu wünschen und zuläfslich sein mag, hervorgebracht werden könne. Aus dem Überschufs der Triebkraft ist also kein Ersatz des Nachtheils zu erwarten.

c. Durchmesser der Triebröhre.

32.

Um die nöthige Triebkraft auf einer Eisenbahn mit Triebröhre und Triebkolben, und daraus den nöthigen Durchmesser der Triebröhre zu finden, sei δ der Durchmesser der Röhre, so ist $\frac{1}{4}\pi\delta^2.\mu\sigma$ (15.) die Wirkung der Luft auf den Triebkolben mit dem Überschufs μ ihrer Spannung über die der Atmosphäre, oder umgekehrt. Dieser Luftdruck mufs der nöthigen Zugkraft

$Z = Q(n + \text{tang}\beta)$ für die *stärkste* Steigung β_m der Bahn, für welche $\text{tang}\beta_m = n_m$ gesetzt wurde, (130.) gleich sein: also mufs

$$134. \quad \tfrac{1}{4}\pi\delta^2\mu\sigma = Q(n + n_m)$$

sein, woraus

$$135. \quad \delta = 2\sqrt{\left(\frac{Q(n+n_m)}{\pi\mu\sigma}\right)} \text{ Fufs}$$

folgt.

Es sei z. B. das Gewicht der fortzuziehenden Wagen $Q = 1500$ Ctr. $= 165\,000$ Pfd. Setzt man, dafs aus der Triebröhre für *verdünnte* Luft *vor* dem Kolben die Luft bis auf $\frac{1}{2}$ Atmosphäre Überschufs des Drucks ausgeschöpft werden soll, so ist $\mu = \frac{1}{2}$, und setzt man die stärkste Steigung in der Bahn $= \frac{1}{100}$, so ist $n_m = \frac{1}{100}$. Ferner ist $n = \frac{1}{250}$ (128.) $\sigma = 1980$ (15.) und π ist $= 3\frac{1}{7}$. Dieses giebt in (135.)

$$136. \quad \delta = 2\sqrt{\left(\frac{165000.(\frac{1}{250}+\frac{1}{100})}{3\frac{1}{7}.\frac{1}{2}.1980}\right)} = 1{,}722 \text{ Fufs.}$$

Eine solche Triebröhre von beinahe 21 Zoll im Durchmesser würde schon ungemein kostbarer sein. Sollte ein Abhang von 1 auf 40 erstiegen werden können, so müfste

$$137. \quad \delta = 2\sqrt{\left(\frac{165000(\frac{1}{250}+\frac{1}{40})}{3\frac{1}{7}.\frac{1}{2}.1980}\right)} = 2{,}48 \text{ F.}$$

sein. Eine Triebröhre von beinahe $2\frac{1}{2}$ F. im Durchmesser möchte kaum mehr ausführbar sein. Zwar läfst sich der Durchmesser der Triebröhre vermindern, wenn man die Luft *stärker* verdünnt. Die *Grenze* der Verdünnung ist, wie die Versuche bei Dublin zeigen, etwa $\mu = \frac{5}{6}$. Für diese Verdünnung ergiebt sich statt (136.) $\delta = 1{,}37 =$ etwa $15\frac{1}{2}$ Zoll und statt (137.) $\delta = 1{,}98 =$ etwa 24 Zoll. Der erste Durchmesser ist noch angemessen; aber der zweite ist schon fast zu grofs. Und dann erfordert $\mu = \frac{5}{6}$ *viel mehr* Maschinenkraft; auch können dann die Vortheile von *Behältern* nicht mehr erlangt werden.

In Rücksicht der *Gröfse der Triebröhre* hat das *Verdichten* der Luft vor dem *Verdünnen* den entschiedenen Vorzug, dafs man den Durchmesser der Triebröhre nach Belieben, und also angemessen bestimmen kann, weil μ, anders wie bei der *Verdünnung* der Luft, auch gröfser als $\frac{5}{6}$ sein kann. Aus (134.) folgt

$$138. \quad \mu = 4Q.\frac{n+n_m}{\pi\delta^2\sigma}.$$

Dieses giebt für den angemessenen Durchmesser der Triebröhre von 14 Zoll

$= 1\frac{1}{8}$ F. oben, in dem Fall, wo der stärkste zu ersteigende Abhang $\frac{1}{100}$ ist,

$$139. \quad \mu = 4.165000 \frac{\frac{1}{180} + \frac{1}{100}}{3\frac{1}{7}.1\frac{1}{8}.1\frac{1}{8}.1980} = 1{,}09,$$

und wenn der stärkste Abhang $\frac{1}{40}$ ist,

$$139. \quad \mu = 4.165000 \frac{\frac{1}{180} + \frac{1}{40}}{3\frac{1}{7}.1\frac{1}{8}.1\frac{1}{8}.1980} = 1{,}97;$$

und diese Spannungen sind noch recht gut practicabel.

Wir verschieben Das, was ferner über die Anordnung mit Triebröhren und Triebkolben und über die Vergleichung derselben mit andern Einrichtungen zu sagen ist, bis auf weiter unten und gehen erst zu der Untersuchung der beiden letzten in §. 4. beschriebenen Anordnungen No. IV. und V. mit *Luftwagen* über, welche von einander blofs darin verschieden sind, dafs No. IV. die zusammengepreſste Luft aus einer zwischen die Schienen längs der Bahn gelegten Röhre, No. V. dagegen die Luft aus Behältern schöpft, welche sich auf dem Wagen selbst befinden.

(Die Fortsetzung folgt.)

3.

Einfaches Verfahren in Holland, Pfähle unter Wasser ab- und Zapfen daran zu schneiden.

[Eine kurze Beschreibung dieses Verfahrens findet sich in dem „Journal des chemins de fer" von 1844 S. 497, so wie, übereinstimmend, in dem „Civil-Engineer and Arch. Journal" von 1845 S. 79, jedoch fehlen bei letzterer die Figuren. Die Beschreibung ist zwar nicht erschöpfend, denn man sieht daraus nicht deutlich, wie man das Verfahren angewendet habe, wenn in einem Rost mehrere Pfähle nahe bei einander standen: indessen läfst sich die Art der Anwendung auf diesen Fall leicht erachten. Da nun das Mittel sehr einfach und dem Gebrauch von Sägen, um Pfähle unter Wasser abzuschneiden, oft vorzuziehen sein dürfte, so theilen wir hier die an den angezeigten Orten sich findende kurze Beschreibung mit. Angewendet worden ist das Verfahren bei dem Bau der Eisenbahn zwischen Amsterdam und Rotterdam von dem Erbauer derselben, Herrn *Conrad*. Auf dieser Eisenbahn finden sich auch mancherlei merkwürdige und schwierige Bauwerke, von welchen wir vielleicht in der Folge einige Nachrichten geben werden. D. H.]

Um Pfähle unter Wasser ab- und Zapfen an dieselben anzuschneiden, bediente man sich hier einer sehr einfachen Vorrichtung, bestehend aus einem Kasten aus kiefernen Brettern, calfatert und wasserdicht gemacht. Der Kasten war 6 F. 4½ Zoll lang, 4 F. 2 Zoll breit und 3 F. 2 Zoll hoch (Taf. IV. Fig. 1, 2 und 3). In der Mitte seines Bodens war ein Loch ***A***, durch welches reichlich der Pfahl hindurch gehen konnte. Rund um dieses Loch war ein oben offener Sack ***B***, aus starkem Segeltuch und mit Leder gefuttert, festgenagelt. Zwei Seile ***c, c*** waren mit dem einen ihrer Enden an dem Kasten fest, die andern Enden gingen über Rollen an den Seiten nach oben.

Wenn nnn ein Pfahl abzuschneiden war, so brachte man den Kasten auf denselben und senkte ihn durch Gewichte langsam herab. Unten angelangt, wurden die Seile um den Sack und den Pfahl scharf angezogen. Darauf schöpfte man mittels einer kleinen Pumpe das Wasser aus dem Kasten und

ein Arbeiter stieg in denselben hinab, krempte den Sack um und schnitt den Pfahl ab und den Zapfen an denselben an.

Man hat sich dieses Verfahrens überall, wo Pfähle unter Wasser abzuschneiden waren, mit gutem Erfolge bedient.

[Der 3 Fufs 2 Zoll hohe Kasten würde nur ausreichen, wenn der Pfahlkopf nicht tiefer als 3 F. unter Wasser zu liegen kommt. Ist er tiefer, so mufs natürlich der Kasten höher sein. Für eine Reihe von Rostpfählen würde der Kasten meistens auch noch anwendbar sein, da dergleichen Pfähle doch gewöhnlich immer noch 2 bis 3 F. weit auseinander stehen. Man würde so die Pfähle *einzeln* abschneiden können; doch liefse sich auch wohl der Kasten für 2 oder 3 Pfähle zugleich einrichten. Um eine Reihe von *Spundpfählen* unter Wasser abzuschneiden, würde aber das Mittel nicht passend sein. Es wäre interessant, zu wissen, wie man in *diesem* Fall dort verfahren sei. D. H.]

4.

Notiz über Wasser- und Gasröhren aus Glas.

[Wir haben im 17ten Bande dieses Journals S. 374 einer Zeitungs-Nachricht gedacht, welche erzählte, dafs man in der Stadt Rive de Giers (bei Lyon) eine Wasserleitung aus Röhren von *Glas* zu bauen gedenke. Der Herausgeber ist bemüht gewesen, nähere und gründlichere Nachrichten über diesen interessanten Gegenstand zu erlangen, allein es ist ihm bis jetzt damit nicht gelungen. Er hat nur erst in dem „Civil-Engineer and Arch. Journal" von 1844 S. 11 eine kurze Notiz über diese Röhren gefunden, die zwar noch wenig Näheres sagt, die aber doch bezeugt, dafs die gläsernen Röhren wirklich gemacht werden. Er theilt die Notiz, in Hoffnung auf Weiteres, hier vorläufig mit. D. H.]

Man fängt in Frankreich an, auf die gläsernen Röhren aufmerksam zu werden. Man hat sich dort auch der Röhren aus gebranntem Thon bedient; allein sie dürfen nicht einen Druck von 2 bis 3 Atmosphären zu tragen haben, weil die schwer zu verdichtenden Stofsfugen nicht haltbar sind, welchen Kitt man auch zu der Verdichtung nehmen möge. Einige Gas-Compagnieen haben Romancement zu den Fugen nehmen lassen, aber das Gas entweicht durch die mit den Augen nicht wahrzunehmenden Risse, und die thönernen Röhren haben so viel Widerspruch gefunden, dafs die Orts-Behörden, wegen des zu oft nöthigen Aufbrechens des Strafsenpflasters, um zu den Röhren zu gelangen, und wegen des Entweichens des Gases, die Anwendung dieser Röhren untersagt haben. Die *gläsernen* Röhren, welche die Herren ***Bergeron*** zu ***Rive de Giers*** fabriciren lassen, können mit Asphalt gelöthet, und zusammengeschraubt werden. Sie wiegen den dritten Theil des Gewichts gufseiserner Röhren und kosten, von 4½ Zoll im Durchmesser, etwa 25 Sgr. der laufende Fufs. Bis jetzt kann man nur bis zu 8 Zoll weite Röhren machen. In England würden jetzt gläserne Röhren wegen der Wohlfeilheit des Eisens und der hohen Zölle auf Glas, des höheren Preises wegen nicht in Betracht kommen. [In Deutschland würde es anders sein; besonders wenn man die gläsernen Röhren hier im Lande fabricirte. Gegossene eiserne Röhren kosten wenigstens eben so viel, und dann ist es doch auch der Preis nicht *allein*, welcher entscheidet. D. H.]

5.

In England patentirte eiserne Fensterladen.

(Aus dem „Civil-Engenineer and Arch. Journal" von 1844 S. 111.)

Die Erfindung besteht in einer neuen Art von Laden, um Fenster und andere Öffnungen zu verschliefsen. Die Laden bestehen aus einzelnen, an den Enden verstärkten Tafeln von dünnem Metalle, welche sich in Rinnen zur Seite hinauf- und in eine zu ihrer Aufnahme bestimmte Büchse oder Kammer hineinschieben lassen.

(Taf. IV. Fig. 4. zeigt den Querschnitt des Fensters; Fig. 5. nach einem gröfseren Maafsstabe die einzelnen Tafeln. Fig. 6. ist die Ansicht des Ladens von vorn, und zeigt, wie die Tafeln hinaufgeschoben werden. *a, a, a* sind dünne metallne Tafeln, an den Enden durch Querstücke *a', a'* verstärkt. Diese Tafeln sind alle einander gleich, bis auf die unterste, welche unten einen Sockel *b* mit zwei Mutterschrauben hat, durch welche die Spindeln *c, c* gehen. In Fig. 5. sieht man einen Theil der Rinnen an den Seiten des Fensters, in welchen die Enden der Tafeln gleiten, und *ff* ist die Büchse oder Kammer zur Aufnahme der Tafeln, deren Ränder so geformt sind, dafs sie sich, so wie sie in der Kammer *f* anlangen, über einander legen. Man sieht leicht, dafs, so wie die Schraubenspindeln *c, c* in Bewegung gesetzt werden, was durch die mittels eines schrägen Rades auf die horizontale Stange *h* wirkende Kurbel *g* (Fig. 4.) geschieht, die metallnen Tafeln in die Höhe und bis in die Kammer *f* geschoben werden, wo sie sich einzeln lagern; bis auf die unterste Tafel. Dreht man die Kurbel zurück, so senken sich die Tafeln eine nach der andern herab, indem eine die andere durch ihre Verhakung nach sich zieht, und die Tafeln bilden, an ihre Stellen gelangt, eine feste Fläche, mit bedeckten Fugen. Das Patent lautet auf Laden, aus einzelnen Tafeln bestehend, die in Rinnen auf- und niedergeschoben werden.

[Diese Fensterladen würden wohl in Deutschland ein wenig theuer zu stehen kommen. Der Herausgeber findet aber hier Anlafs und Gelegenheit, eine Notiz von einem andern, im Gegentheil ungemein *wohlfeilen* und zugleich ungemein *festen* Verschlusse der Fenster für die Nächte zu geben, welcher

ebenfalls darauf beruht, den Laden aus *einzelnen Stücken* zusammenzusetzen, und welchen er in einem seiner eigenen Zimmer vor längerer Zeit hat verfertigen lassen, wo dieser Verschluſs nun schon seit mehreren Jahren in täglichem Gebrauch ist und sich immer bewährt hat. Die hier folgende Beschreibung desselben wird auch ohne Zeichnungen deutlich genug sein.

Der Verschluſs besteht aus 4 aufrecht neben einander gestellten, 1¼ Zoll dicken und 10½ Zoll breiten Brettern, so lang, als das Fenster hoch ist. Das Fenster ist 3½ F. breit und 7 F. hoch. Auf den Rand jedes Brettes ist eine Leiste genagelt, welche die Fuge bedeckt. Oben unter dem Fensterbogen ist eine starke Leiste, mit einem 1 Zoll tiefen Falz gegen das Glasfenster hin, an der Mauer befestigt. In diesen Falz werden mit ihren obern Enden die Bretter neben einander gestellt; unten stehen sie mit ihren untern Enden auf das Lattei- oder Brustbrett des Fensters, und vor ihre untern Enden wird, sobald die Bretter aufgestellt sind, eine 3 Zoll breite 2 Zoll hohe Leiste auf das Brustbrett gelegt, welche durch zwei durch die Leiste und durch das Brustbrett gesteckte starke eiserne Splinte festgehalten wird und die Bretter an das Fenster andrückt. Des Morgens wird die Leiste weggenommen und die Bretter werden einzeln abgenommen und nebst der Leiste im Zimmer bei Seite gestellt. Des Abends werden die Bretter einzeln neben einander aufgestellt, die Leiste wird davor gelegt und es werden durch dieselbe die beiden eisernen Pflöcke gesteckt. Oben hält die Bretter die an der Mauer befestigte gepfalzte Leiste, unten hält sie die bewegliche Leiste, und man sieht leicht, daſs ein Einbruch gar nicht anders möglich sein würde, als durch Zertrümmerung der Bretter, oder wenn mit einer Stichsäge erst ein Loch in eines der Bretter gesägt und dann dasselbe so erweitert würde, daſs auch die untere bewegliche Leiste zerschnitten und entfernt werden könnte; was aber doch ohne groſses Geräusch nicht möglich ist. Diese Art von Laden ist demnach ungemein fest und sicher; desgleichen läſst sie weder Licht noch Zugwind durch. Sie ist aber auch ungemein *wohlfeil*, denn sie besteht bloſs aus einfach behobelten Brettern, und es ist gar kein eiserner Beschlag weiter daran, als die beiden eisernen Pflöcke, welche die untere Leiste halten.

Da in dem hier weit aufserhalb der Stadt, Anfangs fast isolirt liegenden, auch den Stürmen ungemein ausgesetzten Hause ein besonders fester Verschluſs für die Nächte nöthig war, so lieſs der Herausgeber erst in den andern Zimmern quer vor die gewöhnlichen Fensterladen, statt des gewöhnlichen Beschlages, in der Mitte der Höhe eine hinreichend starke eiserne Stange legen,

was ebenfalls einen guten Verschlufs giebt, der eben nicht theurer ist, als der gewöhnliche Beschlag; allein diese gewöhnlichen Fensterladen kosteten beinahe dreimal so viel, als der vorhin beschriebene Verschlufs durch die einzelnen Bretter. Die einzige Unbequemlichkeit bei diesem Verschlufs ist, dafs im Zimmer ein Plätzchen vorbehalten werden mufs, wohin am Tage die Bretter gestellt werden können; allein diese Unbequemlichkeit ist nicht grofs. Das Aufstellen und Abnehmen der Bretter ist, wie die *Erfahrung* mehrere Jahre lang gezeigt hat, durchaus nicht beschwerlich, und hat selbst bei den Domestiken keinen Widerspruch gefunden. Der Herausgeber kann also diese Art des nächtlichen Verschlusses der Fenster, als recht practisch und als sicher, fest, dauerhaft und ungemein wohlfeil, empfehlen. D. H.]

6.

In England patentirter Vorschlag zur Vervollkommnung der Schornsteinröhren.

(Aus dem „Civil-Engineer and Arch. Journal" von 1844 S. 153.)

Der Zweck bei diesem Vorschlage ist, den Essen zur Beförderung des Zuges und der Verbrennung Luft zuzuführen, welche durch eine durchlöcherte eiserne Tafel in die Esse strömen, über derselben erwärmt und so in den Schornstein geleitet werden soll, damit sie den Zug befördere und das Rauchen verhindere. Zu den Schornsteinen will der Erfinder Röhren aus gebranntem Thon nehmen, von rundem, ovalem oder sonst beliebigem Querschnitt, die auf eine eigenthümliche Weise vermauert werden sollen. Diese Röhren sollen aus Thon von Stourbridge oder aus ähnlichem Thon gemacht und inwendig glasirt werden, damit der Rufs so wenig als möglich daran hafte. Drittens sollen auf eine eigenthümliche Weise Röhren nach unten bis in das untere Stockwerk gehen, vermittels welcher beim Reinigen der Schornsteine die Asche und der Rufs weggeschafft werden kann, ohne ihn durch die Zimmer bringen zu dürfen.

Taf. IV. Fig. 7. stellt im Querschnitt 4 übereinanderliegende Essen *a, a, a, a* vor. *b, b, b, b* sind die aufsteigenden Schornsteinröhren; *c, c, c* sind die hinuntergehenden, zur Wegschaffung der Asche und des Rufses bestimmten Röhren, die mit den vorigen zusammenhängen und durch welche die Asche und der Rufs in den Kasten *d* gebracht wird. *e e* ist eine Luftröhre, welche bis unter den Boden des untern Stockwerks und ins Freie reicht. Aus dieser Luftröhre führen die punctirt angedeuteten Seiten-Arme die Luft nach den Essen. Fig. 8. ist der Querschnitt einer der Essen; *f* ist eine durchlöcherte Tafel, welche der Erfinder hohle Brusttafel nennt, welche mit der Luftröhre *e* in Verbindung steht und welche den Zweck hat, durch ihre Löcher einen Luftstrom in das Feuer zu leiten; die Tafel liegt gerade am Eingang des Schornsteins. *g* ist ein Ansatz an die Zweigluftröhren der Hauptluftröhre *e;* derselbe liegt unter der Esse und hinter dem Rost, so dafs die Luft durch diese Röhre, so wie sonst gewöhnlich von vorn, in das Feuer strömt. [Die Buchstaben *f* und *g* fehlen in der Figur des Originals. Ich habe sie dahin gesetzt, wo sie der Beschreibung zufolge stehen zu müssen scheinen. D. H.]

Wenn der Schornstein gefegt werden soll, so mufs man den Schieber so drehen, dafs die Esse bedeckt und die Verbindung zwischen der aufsteigenden und der absteigenden Röhre eröffnet werde. Darauf wird das Fegen des Schornsteins von oben angefangen und der Rufs und die Asche in den Kasten *d* getrieben. [Hier ist die Zeichnung wieder nicht deutlich. D. H.]

Der Erfinder nimmt den Vorschlag, erst der auf- und absteigenden Röhren von gebranntem Thon in Anspruch, und dann die Zuleitung von Luft zur Beförderung des Zuges und des Verbrennens.

[Hier bezieht sich der Vorschlag auf *Camine*. Er würde aber auch auf deutsche Stuben-*Öfen* sich anwenden lassen, welche von Innen geheizt werden; und statt der zu vermauernden, innen glasirten Röhren, die allerdings gut sein, aber die Kosten bedeutend erhöhen würden, könnten auch 5 bis 6 Zoll im Quadrat weite Röhren wie gewöhnlich blofs gemauert werden. D. H.]

7.

Zur Feuerfestigkeit der Gebäude.

(Schreiben von Herrn *Charles Dyer* an die Redaction des „Civil-Engineer and Arch. Journal," gedruckt im 5ten Bande dieser Zeitschrift S. 333.)

Die beständige Feuersgefahr und die häufigen Verluste, welchen Kaufleute so wie Anwalte und Andere durch die Zerstörung der ihnen anvertrauten Papiere und Documente durch das Feuer ausgesetzt sind, hat meine Clienten bewogen, eine ausgedehnte Reihe feuerfester Gemächer und Geschäftszimmer in der City, in Old Jewry, bauen zu lassen. Eine Beschreibung der Bau-Art derselben, mit Trägern aus gegossenem Eisen und Gewölben von Ziegeln dazwischen unter dem Fufsboden, wird vielleicht Ihren Lesern nicht unangenehm sein, obgleich die Bau-Art nicht neu ist. Mehrere Werkleute, welche, wie sie sagten, Ähnliches auszuführen hatten, haben jene Räume besehen und sich von den ausgeführten Constructionen unterrichtet.

Taf. IV. Fig. 9. stellt einen eisernen Träger von der Seite und Fig. 10. denselben von unten angesehen vor. Fig. 11. ist ein Querschnitt des Trägers und der dazwischen gespannten Bogen; *cl* ist die Mittellinie.

Die Mauern sind nicht besonders verankert worden, sondern man hat in der Höhe jedes Stockwerks, je nachdem dieselbe beträchtlich war, 5 bis 6 Reihen Bänder von geschmiedetem, $1\frac{1}{2}$ Zoll hohem und $\frac{1}{2}$ Zoll dickem Eisen in die Mauern gelegt. Die Bänder wurden flach gelegt und um die Ziegel bei den Fugen und Durchgängen wohl verbunden. Sie wurden betheert und mit Sand bestreut, damit der Mörtel stärker haften möge. Aufsen wurden sie um einen Zoll eingezogen, damit der Abputz nicht Rostflecke bekomme.

Die eisernen Träger oder Binder waren von verschiedener Länge; von 11 bis zu 18 Fufs frei tragend. Sie ruhten mit den Enden 9 Zoll auf und lagen $6\frac{3}{4}$ F. von Mitte zu Mitte entfernt. Der in der Zeichnung vorgestellte Träger ist $14\frac{1}{2}$ F. lang, in der Mitte 12 Zoll, an den Enden 8 Zoll hoch und in der Mitte $1\frac{1}{2}$ Zoll dick. Der gespaltene oder gabelförmige Theil war 8 Linien dick und die runde Krone hatte $2\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser. Die Träger wurden mit 520 Ctr. Gewicht, also 260 Ctr. für die Mitte, probirt, obgleich sie höchstens nur 180 Ctr. zu tragen bekamen. Aber man that ein Übriges, zur Sicherheit. Die Träger bogen sich um 1 Zoll. Die schrägen Theile der Träger

waren hohl gegossen, hatten aber von 3 zu 3 F. Verbindungen; wie es die Figuren zeigen.

Zwischen die Träger wurden einen halben Ziegel hohe Bogen in Cement gewölbt. Die Fugen machte man so dünn als möglich und liefs die Ziegel unten einander berühren. Die 5 oder 6 Schichten in der Mitte wurden ohne Cement gesetzt, stark eingeklemmt, und dann wurden die Fugen vollgegossen. Die Spannung des Bogens war 5 Zoll; dieselbe wurde nicht ausgefüllt; die Ziegel wurden wohl angefeuchtet.

Die Lehrbogen wurden durch Eisen unterstützt, welche sie an die Träger anhängten. Dadurch bekamen die Träger *allmälig* das Gewicht zu tragen, welches auf ihnen ruhen sollte; was nicht der Fall gewesen wäre, wenn man unter die Lehrbogen auf die gewöhnliche Weise Stützen gesetzt und diese hernach weggenommen hätte.

Es sind an 22 000 Fufs [vielleicht Quadratfufs D. H.] solcher Klappen gewölbt worden, und es hat sich nirgends die geringste Senkung gezeigt. Die Fufsboden über den Kappen sind auf die gewöhnliche Weise gemacht; mit Querbalken und Unterlagen. Von unten sind die Kappen getüncht und tapezirt, um die Träger zu bedecken.

Wie sicher man darauf rechnen dürfe, dafs bei dieser Bau-Art das Feuer sich nicht von einem Zimmer in das andere verbreiten könne, ist durch Folgendes bewiesen worden. Man zündete in der Mitte der Zimmer des untern Geschosses, die nur 8 Fufs hoch sind, starke Cokesfeuer an, um die Tünche zu trocknen, und, obgleich die Hitze von diesem Feuer mehrere Tage nach einander sehr stark war, so that sie doch weiter keinen Schaden, als dafs sich in zwei von achtzehn Fällen die Fufsbodendielen in den obern Zimmern ein wenig, aber fast nur unmerklich hoben; aber auch dies war offenbar nur die Wirkung des durch die Hitze aus den feuchten Gewölben und der Tünche entwickelten Dampfes.

[Leider ist diese Beschreibung nicht eben ausführlich, und auch zum Theil undeutlich; besonders was die Verankerung und die in die Mauern gelegten 5 bis 6 Reihen Bänder von platten eisernen Stangen betrifft; allein sie giebt doch einen allgemeinen Begriff von dem Gegenstande und ist besonders deshalb interessant, weil sie Nachricht, nicht von einem blofsen Project, sondern von einem der in England *wirklich ausgeführten* feuersichern Baue giebt.

Möchte man doch in Deutschland endlich auf die so hochwichtige Aufgabe, *feuersicherer* zu bauen, aufmerksamer werden! Es ist wahrhaft schmerz-

lich, zu sehen, dafs in diesem Punct in unserm Vaterlande noch immer fast gar nichts geschieht, dafs selbst die gräfslichen Brände vom Jahre 1842, von Hamburg z. B., die so viele Millionen verschlangen, noch immer nicht zu einer Verbesserung der Bau-Art angetrieben haben, welche doch in der That so leicht ist; dafs noch immer die Dächer und Decken voll Holz gestopft werden, ja dafs man noch immer nicht einmal Rücksicht auf die ***Lebensgefahr*** der Menschen nimmt und wenigstens einige Ziegel anwendet, um ihnen doch mindestens Treppen zu bauen, auf welchen sie sich aus den obern Stockwerken retten können, wenn die Massen von Holz in den Häusern etwa von unten auf brennen. — Und dies nicht etwa aus Sorglosigkeit überhaupt, sondern ***neben*** der gröfsten, öfters beinahe übertriebenen Sorgfalt in andern Puncten, wenn es einmal ***Gebrauch*** ist, z. B. bei den Essen, bei den äufsern Wänden der Gebäude, bei der Bedeckung der Dächer u. s. w.; wobei man denn freilich wieder zum Theil auf die wunderlichsten ***Widersprüche*** stöfst. Wie ist so viel Widersprechendes nur möglich und erklärlich, in einer Zeit-Epoche, die sich die des Fortschrittes und der Aufklärung nennt! Man zürne nicht diesen nicht schmeichelnden Worten. Sie beruhen auf Wahrheit, und Eifer für das Rechte spricht sie.

Es ist häufig in dem gegenwärtigen Journal von dem feuersten Bauen gehandelt worden. Besonders hat sich die Abhandlung im 19ten Bande ausführlich über die feuersichere Construction der Decken und Dächer verbreitet. Die hier oben beschriebene englische Construction von Decken ist eine andere, welche allerdings auch alle Berücksichtigung verdient. Der Herausgeber hält indessen die im 19ten Bande beschriebene Bauart der Decken für besser, denn diese Decken würden leichter, sicherer und auch wohl meistens wohlfeiler sein, als die obigen englischen. D. H.]

8.

Über asphaltirte Strafsen.

(Von Herrn *de Coulaine,* ingenieur des ponts et chaussées.)

(Aus der „Revue générale de l'architecture" des Herrn *Daly,* von 1843, S. 305. Mit Anmerkungen Desselben und des Herausgebers des gegenwärtigen Journals.)

Wir theilen hier einen Aufsatz des Herrn *de Coulaine* über die Versuche mit, welche er mit asphaltirten Chausséen gemacht hat. Einige seiner Resultate haben uns ein wenig befremdet; aber die Versuche eines Sachverständigen sind immer interessant und verdienen aufgezeichnet und von den Baumeistern beachtet zu werden. Folgendes ist der Aufsatz des Herrn *de Coulaine.*

Die ersten Versuche mit asphaltirten Strafsen machte man zu Paris auf dem Platz Ludwig XV., gegenüber der Kirche St. Roch, und an den Ausgängen einiger Strafsen auf die Boulevards. Das Pflaster wurde etwa 6 Zoll dick aus Blöcken gemacht, die aus Stücken Quarz und *künstlichem* Asphalt zusammengesetzt waren und die auf ein Sandbett gesetzt wurden. Die 1 bis 1½ Zoll breiten Fugen füllte man mit Mastix (Asphalt).

Diese Versuche fielen sehr übel aus. Der künstliche Asphalt, welcher, besonders in der Kälte, spröde ist, wurde schnell von den Rädern zerrieben; die Blöcke wichen, und die Strafse, anfangs sehr eben, wurde bald so holperig wie das schlechteste Pflaster.

Andere Versuche mit *künstlichem* Asphalt gelangen nicht besser. Der Fehler lag aber überall in der Masse, die, um den Wagenrädern auf die Dauer zu widerstehen, einer gewissen *Weichheit* bedarf, vermöge welcher sie nachgiebt, ohne zu brechen; nicht *Sprödigkeit* wie der *künstliche* Asphalt. Diese *Weichheit* hat aber der *natürliche* Asphalt. Besonders bei heifsem Wetter ist diese seine Eigenschaft sichtbar; die Wagenräder machen darauf leichte Eindrücke, die von selbst wieder verschwinden, ohne dafs die Masse zerrieben würde. Auch noch in kälterer Luft behält der natürliche Asphalt diese Eigenschaft; der künstliche Asphalt dagegen nur bis zu einem gewissen Temperaturgrade. Die Wirkung der Wagenräder auf den natürlichen Asphalt besteht blofs darin, dafs sich die Räder darin eindrücken, und die Abnutzung ist,

ungeachtet der geringen Härte der Masse, unbedeutend. Auch wenn die Strafse sich ungleich senkt, folgt die Asphaltdecke diesem Senken, ohne zu brechen.

Der hohe Preis des *natürlichen* Asphalts, und dafs man den Asphaltdecken eine beträchtliche Dicke geben zu müssen glaubte, waren die Ursachen, dafs man von dieser Masse, welche allein gute Erfolge gewähren konnte, nicht zu Strafsen Gebrauch machte. Wir haben jetzt versucht, Asphalt auf eine *Steinchaussée* zu legen. Da war er nur etwa *einen halben Zoll hoch* nöthig, und die Strafse kostete so nicht mehr, als ein gewöhnliches Pflaster.

Der erste Versuch damit wurde auf einer Steinchaussée, die sich an das Pflaster von Saumur anschliefst, auf der Heerstrafse von Bordeaux nach Rouen gemacht. Die Oberfläche dieser Chaussée wurde aufgehackt, mit einer Lage kleiner Steine belegt, und diese Steinlage wurde mit einem 155 Ctr. schweren Cylinder gewalzt, um eine ganz ebene und feste Unterlagsfläche für die Asphaltlage zu erlangen.

(*Anm. des Herrn Daly.* Brachte man aber nicht so den Asphalt in den Fall, zwischen zwei harten Körpern zermalt zu werden? Zur Zeit, als man für die Asphalte aller Art sehr eingenommen war, machte ein Ingenieur einen Versuch mit einer asphaltirten Chaussée vor der Kirche St. Nicolas-deschamps in der Strafse St. Martin. Der Asphalt wurde auf glatte und horizontal liegende Bretter gelegt, um seiner Unterlage einige Elasticität zu verschaffen. Etwas weiterhin legte man den Asphalt auf ein Pflaster von aufrecht stehenden Holzklötzen. An beiden Stellen wurde der Asphalt in wenigen Tagen zerbröckelt und zerrieben. War etwa die Masse zu stark gekocht? Ich weifs es nicht; aber die Thatsache verdient die Aufmerksamkeit des Herrn *de Coulaine.*

In seiner Notiz über den Gebrauch des Asphalts im „Mémorial de l'officier du génie" sagt der Herr Ingenieur-Commandant *Perrin,* dafs die Unterlageflächen für den Asphalt recht eben, ohne alle Rauheit, so wagerecht als möglich und vor allem recht fest widerstehend sein müssen. Zwar mag Herr *Perrin* hier vorzugsweise die Asphaltdecken auf Mauern, Dächer, Terrassen und Fufspfaden gemeint haben, ich glaubte indessen, als ich den Bericht von seiner Arbeit in den 2ten Band S. 96 dieses Journals aufnahm, eine Bemerkung, besonders wegen der Fufspfade, hinzufügen zu müssen, welche ich hier wiederholen will.

Nach meiner Meinung, sagte ich, würde es besser sein, den Asphalt auf eine Steinlage, als auf eine Unterlage von Béton oder von Ziegeln zu giefsen.

Der Widerstand der Decke gegen den Einflufs der Witterung, so wie gegen Stofs und Druck, ist um so stärker, je beträchtlicher ihre Masse ist. Gieſst man den Asphalt auf eine sehr ebene Fläche, wie von Béton oder Ziegeln, so kann er sich mit derselben nicht verbinden; beide bleiben getrennt und der Asphalt hat allein den Angriffen auf die Fläche zu widerstehen. Wird die Unterlage von Béton gemacht, so ist auch noch zu erwägen, dafs öfters, weil der Kalk im Béton vielleicht nicht vollkommen gelöscht, oder auch weil der Béton nicht völlig trocken war, Blasen unter der Asphaltdecke entstehen können. Diese Blasen sind sehr nachtheilig für die Decke, weil sie Erhöhungen in derselben auftreiben, welche unter einem starken Stofs oder Druck bersten. Der Übelstand einer Unterlage von Steinchen ist, dafs man mit ihnen schwer glatte Flächen bekommt, falls die Arbeiter nicht wohlgeübt sind. Man hebt diesen Übelstand, wenn man die Asphaltdecke stark klopfen läfst, während die Masse noch heifs ist. *D.*)

Die Asphaltdecke auf der Stein-Unterlage mufs wie folgt gemacht werden. Auf eine zwischen Schienen ausgebreitete Asphaltlage werfen zwei Arbeiter mit der Hand schnell klein zerschlagene Steine, aber wenigstens um etwa ihren mittleren Durchmesser von einander entfernt, damit sie die Festigkeit der Chaussée nicht vermindern mögen. Während dessen klopft ein anderer Arbeiter diese Steinchen mit einem Schlägel in den Asphalt hinein, so weit, dafs sie gar nicht mehr über die Oberfläche hervortreten; wäre letzteres, so würden sie von den Rädern der Wagen zerdrückt werden. Alles das mufs schnell geschehen, damit die Masse nicht Zeit bekomme, zu erkalten. Die in den Asphalt hineingedrückten Steine haben keinen andern Zweck, als der Oberfläche die Glätte zu benehmen. Die Steine, zu nahe an einander gebracht, würden die Festigkeit der Decke nicht verstärken, sondern schwächen.

Bei den ersten Versuchen war der Zweck der Steine ein ganz anderer; sie sollten allein den Rädern der Wagen widerstehen, und der Asphalt sollte blofs die Steine mit einander verbinden. Was man beabsichtigte war, die Strafsenbahn *hart* zu machen, anstatt dafs man hätte trachten sollen, ihr eine gewisse *Weichheit* zu geben. Was blofs die Festigkeit anlangt, so wäre eine einfache Schicht, ohne alle Steine, das beste gewesen. Da man so entgegengesetzte Zwecke zu erreichen suchte, mufste man auch zu entgegengesetzten Resultaten gelangen.

Die Steinchen müssen möglichst gleich grofs sein. Man mufs sich zweier Drathsiebe bedienen, deren länglichte Löcher von etwa $2\frac{3}{4}$ Zoll lang um etwa $4\frac{1}{4}$ Li-

nien von einander verschieden sind. Die Löcher in dem weitesten Siebe müssen um 4½ Linie enger sein, als die Dicke der Asphaltlage beträgt; ist diese Lage 18 Linien dick, so müssen die beiden Siebe Löcher von 9 und 13½ Linien breit haben.

Man mufs die Steinchen sorgfältig auswählen, weil sie es sind, die zum Theil die Wirkung der Wagenräder aushalten sollen; man mufs auf ihren Widerstand gegen die Reibung und Zerquetschung Rücksicht nehmen. Einige sonst sehr harte Steine werden durch den Stofs oder Druck sehr leicht zermalmt. Am besten erfährt man die Widerstandsfähigkeit der Steine beim Zerschlagen derselben in Stücke. Die Steinchen müssen auch ganz *rein* sein. Man mufs sie deshalb, wenn man mittels eines der Siebe die zu kleinen Stücke aussondert, in eine Kufe voll Wasser fallen lassen. Um ihre Cohäsion mit dem Asphalt zu vermehren, wird es gut sein, sie vor der Verwendung an Öfen zu erwärmen.

Man hat auf diese Weise Asphaltlagen von 18, 14, 11½ und 9 Linien dick machen lassen. Auch hat man das Verhältnifs der Bestandtheile verschiedentlich verändert. Man hat genommen

150 Gewichtstheile Asphalt von Seyssel, 7½ Theile Erdpech von Bastennes und 3 Theile Ölharz;

120 Gewichttheile Asphalt, 7½ Theile Erdpech, 3 Theile Öl und 40 Theile groben Sand;

100 Gewichttheile Asphalt von Seyssel, 7½ Theile Erdpech, 3 Theile Öl und 80 Theile groben Sand;

80 Gewichtstheile Asphalt von Seyssel, 7½ Theile Erdpech, 3 Theile Öl und 80 Theile groben Sand.

Den groben Sand sonderte man von dem feinen durch ein Sieb ab, welches ¼ Linien weite Löcher hatte; und zwar im Wasser. Das angewendete Öl war durch Destillation aus Harz gewonnen; es ist für den guten Erfolg unentbehrlich. Da es bei der stärksten Kälte flüssig bleibt, so behält der Asphalt durch dieses Öl immer eine hinreichende Geschmeidigkeit. Man mufs es nicht eher in den Kessel thun, als bis der Asphalt in dem Bergtheer aufgelöset ist; über dem Feuer darf es nicht zu lange bleiben, weil es, zu sehr eingekocht, an Flüssigkeit verlieren würde. Das Sieden ist vollendet, wenn statt des anfänglichen weifsen Dampfes ein bläulicher Dampf aufzusteigen anfängt. Setzt man das Kochen weiter fort, so verliert der Asphalt an Güte; und dies zeigt dann ein gelblicher Dampf an. Es wird auch gut sein,

den Asphalt in dem Augenblick in dem Bergtheer aufzulösen, wo er durch die Hitze in Pulver zerfällt; man erspart dadurch Erdpech, und die Masse geräth besser.

Das Strafsenstück zu dem ersten Versuch war 64 F. lang und 12¾ F. breit. Die tägliche Passage über dasselbe beträgt etwa 100 Pferde (colliers (Kumpte)) von 6 Uhr Morgens bis 6 Uhr Abends. Es ist seit dem 16ten October 1840 im Dienst. Wir haben nur an denjenigen Stellen Beschädigungen wahrgenommen, wo die Asphaltlage 9 und 11½ Linien dick war. Alle andern Stellen haben sich seit 3 Jahren vollkommen wohl erhalten. Die vorspringenden und einander zu nahen Steine sind zerquetscht worden, aber der dadurch entstandene leere Raum ist allmälig mit Asphalt ausgefüllt, der an der Oberfläche fast nur allein sichtbar ist. Blofs diesem Mangel in der Construction schreiben wir die Beschädigungen an den andern Stellen zu.

Auf den Grund dieser vorläufigen Erfahrung haben wir an verschiedenen Orten Versuche von etwas gröfserer Ausdehnung gemacht, und sie sind alle gelungen.

Wir nennen vor allem die Chaussée auf der grofsen Brücke von Saumur (über die Loire) auf der Heerstrafse No. 138. von Bordeaux nach Rouen. Dieses Chausséestück ist 143 F. lang und 24½ F. breit. Es ist hier eine 18 Linien dicke Asphaltschicht gelegt worden, zu welcher man 90 Gewichtstheile Asphalt, 60 Theile groben Sand, 7 Theile Erdpech und 3 Theile Öl genommen hat. Diese Chaussée ist seit dem 1. September 1841 [also etwa 2 Jahre lang] im Dienst, und die Passage beträgt im Durchschnitt täglich von 6 Uhr Morgens bis 6 Uhr Abends 615 Pferde (colliers). Die Chaussée war stets in bestem Stande. In heifsem Wetter machen die vorspringenden Nägel der Wagenräder starke Eindrücke in die Oberfläche; aber diese Eindrücke verdrängen sich unter einander und verschwinden nach einigen Tagen bei kühlerem Wetter. In der gewöhnlichen Temperatur machen die schwersten Fuhrwerke keine Spuren. Ein bemerkenswerther Umstand, der das oben Gesagte bestätigt, ist, dafs die *weichsten* Stellen am wenigsten abgenutzt werden. Die Abnutzung beträgt zwar bis jetzt nur eine Zehntheillinie, aber sie ist doch bemerkbar. Ein anderer bemerkenswerther Umstand ist, dafs die beiden Bogen der Brücke, über welcher die Asphaltchaussée sich befindet, vollkommen gegen das Durchdringen des Wassers geschützt worden sind, während dies bei den übrigen 17 Bogen der Brücke, ungeachtet der darüber mit Sorgfalt gelegten Decke von hydraulischem Mörtel, nicht der Fall ist.

Der Querweg bei St. Martin, auf der Heerstrafse No. 152. zwischen Briare und Angers, ist ebenfalls, auf 542 F. lang, 19 F. breit und 14 Linien dick, asphaltirt worden. Dies ist erst vor *einem* Jahre geschehen; auch ist die Passage dort zu schwach, als dafs dieses Beispiel gegen die vorigen wesentlich in Betracht käme.

Wir erwähnen noch der im Laufe des vorigen Jahres zu Angers und Tours angestellten Versuche. Beim Ausgange aus Angers hat man auf der Heerstrafse No. 161. eine Strecke von 80 F. lang 16 F. breit, und auf der Brücke de l'Archevèque bei Tours, auf der Heerstrafse No. 10. von Bordeaux nach Bayonne, eine Strecke von 45 F. lang und 38 F. breit asphaltirt. Auch diese Brücke ist dadurch gänzlich gegen das Durchdringen des Wassers geschützt worden. Diese beiden Versuche haben ebenfalls den besten Erfolg gehabt. Es ist ungeachtet der starken Frequenz noch keine Abnutzung bemerkbar. Wir können zwar den Betrag der Passage nicht genau angeben, aber sie beträgt wenigstens 600 bis 800 Pferde täglich.

Da die Asphaltschicht immer nur sehr dünn ist, so sind Ausbesserungen einzelner Stellen stets sehr leicht. Man erweicht bei den Ausbesserungen die Mitte und den Umfang der Stelle, welche man erneuern will, durch heifsen Asphalt. Nach einigen Minuten läfst sich die alte Schicht leicht abheben. Auch die wegen der Gasröhren, Cloaken und andern unterirdischen Canäle in den Städten vorkommenden Ausbesserungen asphaltirter Strafsen haben keine Schwierigkeit.

Zufolge einer genauen Berechnung der *Kosten* betragen dieselben für den Quadratmeter Chaussée im Durchschnitt 2 Fr. auf einen Centimeter dick. Also kostet eine 3 Centim. dicke Schicht 6 Fr., eine 4 Centim. dicke Schicht 8 Fr. [Dies macht für eine $\frac{1}{2}$ Zoll dicke Schicht auf den Quadratfufs 2 Sgr. und $\frac{3}{4}$ Spf. und für die Quadratruthe 9 Thlr. 27 Sgr. oder in runder Zahl 10 Thlr.; für eine 1 Zoll dicke Schicht 20 Thlr. und für eine $1\frac{1}{2}$ Zoll dicke Schicht etwa 30 Thlr. für die Quadratruthe. D. H.] (*Anm. des Herrn Daly.* Wir hätten wohl eine nähere Berechnung der Kosten gewünscht; denn der Arbeitslohn für eine Schicht von doppelter Dicke kann nicht das Doppelte dessen für eine Schicht von der einfachen Dicke sein. *D.*)

Beim Bau einer *neuen* Chaussée würde man wie folgt verfahren. Man macht erst eine gewöhnliche Steinchaussée von $5\frac{1}{2}$ Zoll dick. Nachdem dieselbe sorgfältig gewalzt worden ist, läfst man sie ein oder zwei Monate lang befahren, damit sie völlig fest werde. Während dieser Zeit müssen, um

alle Brüche zu verhindern, alle Spuren von den Pferdehufen und Wagenrädern beständig mit Besen zugefegt werden. Ehe man dann die Asphaltschicht auflegen läfst, wird die Strafse noch einmal gewalzt, und dann läfst man die Asphaltdecke wie oben beschrieben machen. Hat man keine Walzen, so mufs man die Steinlage stampfen lassen. Das Walzen oder Stampfen mufs mit den Beobachtungen geschehen, die wir in einer Notiz in den „Annales des ponts et chaussées" beschrieben haben. Zu mehrerer Sicherheit wird es gut sein, die Steinchaussée auf eine Sandschicht zu legen und dazu nur Stoffe zu nehmen, die völlig gereinigt und frei von Trümmern sind, welche durch den Frost aufgetrieben werden könnten.

Will man das Pflaster einer Stadt *allmälig* in eine asphaltirte Bahn verwandeln, so wird solches blofs für die zu der Erhaltung ausgesetzten Kosten geschehen können. Nemlich, anstatt neue Pflastersteine aus den Brüchen kommen zu lassen, breche man einen Theil der Strafsen auf und bessere mit den noch guten Pflastersteinen den Rest aus. Den aufgebrochenen Theil asphaltire man für die zu dem Zuschufs an Pflastersteinen bestimmten Geldmittel. Aus den nicht mehr brauchbaren Pflastersteinen mache man die Steinchaussée. So wird man allmälig, ohne erste Anlagekosten, zu Fahrwegen gelangen, die in jeder Rücksicht besser sind, als das Pflaster. Die neuen Fahrwege würden nemlich folgende Vorzüge haben.

Erstlich. Die Abnutzung würde viel geringer sein. Staub und Schmutz, wegen dessen Steinchausséen in Städten nicht passend sind, fallen weg.

Zweitens. Die Asphaltdecke würde durchaus kein Wasser durchlassen; was für die Salubrität wichtig ist. Die Decke wird von dem Wechsel der Feuchtigkeit nicht angegriffen. Auf steinernen Brücken dient die Asphaltschicht zugleich zur wasserdichten Bedeckung der Gewölbe.

Drittens. Die Asphaltdecke ist glatt, ohne schlüpfrig zu sein, und die Wagenräder rollen darauf viel sanfter hin, als auf dem besten Pflaster.

Viertens. Das Geräusch, welches die Wagen auf dem Pflaster machen, fällt weg; desgleichen die Erschütterung, welche öfters für die Häuser wesentlich nachtheilig ist.

Fünftens. Die Asphaltdecke ist mit weniger Zugkraft zu befahren, als alle andern Strafsen-Arten; die Eisenbahnen ausgenommen. Nach unsern Versuchen ist auf derselben nur der 100te Theil des Gewichts der Wagen an Zugkraft nöthig, also nur halb so viel als auf den besten Pflastern oder Steinstrafsen, und nur doppelt so viel, als auf Eisenbahnen. (*Anm. des*

Herrn Daly. Die Zugkraft auf diesen Strafsen mufs nothwendig je nach der verschiedenen Weichheit der Asphaltmasse verschieden sein, und es ist zu bedauern, dafs Herr *de Coulaine* nicht eine Reihe vergleichender Beobachtungen angestellt hat: bei sehr heifsem Wetter, bei starkem Regen und beim Schmelzen des Eises und Schnees, beim Frost und bei gewöhnlicher Witterung. *D.*)

Durch Asphaltirung der Stein-Chausséen auf den Heerstrafsen, auf 9 bis 10 F. breit, und durch Verminderung der Gefälle bis auf 1 auf 40 höchstens, würde die *Hälfte* der jetzt nöthigen Zugkraft auf den Strafsen erspart werden, durch eine Ausgabe von etwa 50 Tausend Thaler für die Meile. Wenige Eisenbahnen werden verhältnifsmäfsig ein solches Resultat geben. Und in Gegenden, wo zu der *Erhaltung* der Steinchausséen taugliche Steine schwer zu haben sind, würde die Verbesserung noch wichtiger sein. Da die Masse der zu der Asphaltschicht nöthigen tauglichen Steine sehr gering ist, so würden die Kosten zur Herbeiholung derselben aus der Ferne nicht bedeutend sein. Insbesondere wäre noch diese Art von Chausséen auf Strafsen anwendbar, welche geringe Gefälle haben, wie z. B. die Heerstrafse No. 162. von Briare nach Angers, längs der Loire. Endlich zweifeln wir kaum, dafs nicht auf asphaltirten Strafsen Dampfwagen würden fahren können; so dafs sie in vielen Fällen die Stelle der Eisenbahnen vertreten würden.

Bemerkungen des Herausgebers des gegenwärtigen Journals.

Alles kommt darauf an, ob sich die dünne Asphaltdecke, von nur 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll dick, wie sie der Herr Verfasser beschreibt, auch unter schweren Fuhrwerken auf die Dauer haltbar beweise. Ist dies der Fall, so ist dieser Gegenstand und der Vorschlag des Herrn Verfassers von *grofser Wichtigkeit.* Deshalb haben wir diesen Vorschlag hier mitgetheilt, indem die Haltbarkeit der Asphaltdecke wenigstens möglich und sogar wahrscheinlich ist; denn wenigstens Fufspfade, die von *wirklichem* Asphalt, wie ihn die Natur hervorbringt, nicht aus dieser oder jener Mixtur, welcher man willkürlich den Namen Asphalt beilegt, gemacht sind, haben sich längst als dauerhaft erwiesen; auch kennt der Herausgeber durch Anschauung Fälle, wo Asphaltdecken in Durchfahrten durch Gebäude, aus wirklichem Asphalt verfertigt, den Wagenrädern schon längere Zeit sehr wohl widerstanden haben.

Hätten die Asphaltdecken, (ihre Dauerhaftigkeit *vorausgesetzt*) auch nur einige der Vorzüge vor Pflastern und Chausséen, welche der Herr Verfasser aufzählt, so würde man schon allen Anlafs haben, diese Vorzüge zu benutzen

und die Asphaltdecken an die Stelle des Gewohnten zu setzen; sowohl bei neuen Straſsen, als *allmälig* an die Stelle der vorhandenen, letzteres auf die Weise, welche der Herr Verfasser bezeichnet, wenn gleich in diesem Fall wohl nicht immer mit den bloſsen Erhaltungskosten des Vorhandenen auszureichen sein dürfte, sondern Zuschüsse würden gemacht werden müssen. Hätten solche Asphaltpflaster (immer ihre Dauerhaftigkeit *vorausgesetzt*) auch nur den einzigen Vortheil, daſs auf denselben das Rasseln der Wagen in den Städten und engen Straſsen wegfällt, so würden schon Tausende, besonders kränkliche und kranke Personen, die Verbesserung segnen; denn die schlechten Töne des Wagengerassels sind ein *groſses* Übel. Die Einwendung hiegegen, daſs, wenn die Wagen sich nicht durch Lärm ankündigen, die Fuſsgänger weniger gegen die Wagen gewarnt werden und dadurch in Gefahr gerathen würden, wäre nur eine Einwendung der Art, wie sie passen würde, wo beabsichtigt wird, das Schlechte gegen das Bessere in Schutz zu nehmen. Man hat hie und da *hölzerne* Wagenspuren gelegt; auf diesen rasseln die Wagen auch nicht, und man hat noch nicht gehört, daſs dadurch Fuſsgänger zu Schaden gekommen wären. Die Gefahr unter Wagen zu gerathen, welche aus einer gedielten Durchfahrt quer auf die Straſse herauskommen, ist viel gröſser. Die Gewohnheit hebt sehr bald solche Gefahren. Aber die asphaltirten Bahnen würden wahrscheinlich in der That mehr oder weniger *alle* die Vorzüge haben, welche der Herr Verfasser namhaft macht; selbst mit Einschluſs desjenigen, daſs auf solchen Bahnen vielleicht auch *Maschinen* statt der Zugthiere vor die Fuhrwerke sich würden spannen lassen, vorausgesetzt, daſs die Gefälle der Straſsen so vermindert würden, wie es der Herr Verfasser verlangt.

Ein Haupthinderniſs der asphaltirten Straſsen, auch in den Städten, wo sie zunächst passend sein würden, könnte allerdings in Deutschland in den *Kosten* liegen, die hier nothwendig höher sind, als in Frankreich, wo nur bis jetzt der *natürliche* Asphalt gewonnen wird; allein diese Kosten würden doch wahrscheinlich nicht *unverhältniſsmäſsig* hoch sein. Jetzt kostet in Berlin der Quadratfuſs Asphaltdecke auf Dächern, Terrassen, Fuſspfaden etc., ohne die Fundamentirung, aber mit Einschluſs des Arbeitslohns, $5\frac{1}{2}$ Sgr., oder die Quadratruthe 26 Thlr. 12 Sgr. Eine solche Decke ist nur etwa $\frac{1}{2}$ Zoll dick. Die Kosten des *Arbeitslohns* betragen nach den Beobachtungen des Herausgebers, der mehrere solche Asphaltdecken für Andere, so wie für seine eigene Rechnung hat machen lassen, 3 bis 4 Thlr. auf die Quadratruthe, so daſs also für Asphalt, Theer, Kies und für die Feuerung etwa 23 Thlr. für die Quadrat-

ruthe berechnet werden und folglich die Quadratruthe 1 Zoll dicke Decke etwa 50 Thlr. und eine 1½ Zoll dicke Decke etwa 74 Thlr. kosten würde. Der Unterschied dieser Kosten von den vom Herrn Verfasser angegebenen resp. 10, 20 und 30 Thlr. für die Quadratruthe ist aber zu grofs, als dafs er blofs auf die Transportkosten des Asphalts vom Gewinnungs-Orte her kommen könnte und nicht ein sehr grofser Theil davon auf den Gewinn der Unternehmer und auf die bisherige Geringfügigkeit der Benutzung des Asphalts in Deutschland sollte gerechnet werden müssen. Ist es möglich eine Quadratruthe Asphaltdecke von ½, 1 und 1½ Zoll dick in Frankreich, an der untern Loire, wo doch auch schon ein ziemlich weiter Transport des Asphalts von Seyssel oder Bastennes her nöthig ist, für resp. 10, 20 und 30 Thlr. herzustellen, so läfst sich wohl annehmen, dafs, wenn man zu ausgedehnten Strafsen-Arbeiten den Asphalt direct aus der Grube kommen läfst, in Deutschland die Herstellung für etwa um die *Hälfte* höhere Kosten, also für resp. 15, 30 und 45 Thlr. möglich sein dürfte, und diese Kosten sind gegen die eines guten Pflasters von etwas behauenem Granit, welches z. B. in Berlin die Quadratruthe etwa 24 Thlr. kostet, in Berücksichtigung der mannigfachen und grofsen Vorzüge der Asphaltbahn vor dem Pflaster, noch keinesweges in einem solchen Mifsverhältnifs, dafs deshalb der Gegenstand ganz sollte übersehen werden dürfen; besonders dann nicht, wenn die *Erhaltungskosten* der Asphaltdecke geringer sind, als die des Pflasters.

Alles kommt, wie schon wiederholt bemerkt, darauf an, ob die Asphaltdecke unter den Wagenrädern sich als nachhaltig dauerhaft bewähre. Der Herausgeber wird sich um weitere Auskunft darüber, vielleicht durch eigene Anschauung bemühen und dann diese Auskunft hier mittheilen. Vorläufig glaubt er, sei der Gegenstand der Aufmerksamkeit der Freunde des Fortschritts und des Bessern angelentlich zu empfehlen.

Berlin im Mai 1845.

9.

Übersicht der Geschichte der Baukunst, mit Rücksicht auf die allgemeine Culturgeschichte.

(Von Herrn Regierungs- und Baurath *C. A. Rosenthal* zu Magdeburg.)

(Fortsetzung der Abhandlung No. 2. im 1ten, No. 6. im 2ten, No. 8. im 3ten Hefte 13ten, No. 1. im 1ten, No. 7. im 2ten, No. 8. im 3ten, No. 12. im 4ten Hefte 14ten, No. 1. im 1ten, No. 9. im 2ten, No. 11. im 3ten, No. 15. im 4ten Hefte 15ten, No. 10. im 3ten Hefte 16ten, No. 3. im 1ten, No. 5. im 2ten, No. 10. im 3ten Hefte 17ten, No. 4. im 2ten Hefte 18ten und No. 2. im 1ten Hefte 20ten Bandes.)

§. 130.

Fortsetzung. Der romanische Styl in Backsteinbau.

Einer der Vorzüge der mittelalterlichen Architektur war, dafs sie auf alle Arten von Material pafste, ohne von ihrem Character einzubüfsen, noch dem des Materials Zwang anzuthun. Betrachtet man die Bauwerke von Backsteinen in Gegenden wo natürliche Bausteine mangeln, so sollte man glauben, der Styl sei eigends für dieses Material erfunden.

Es ist in dieser Beziehung besonders der Bauwerke in der Altmark Brandenburg zu gedenken, und unter diesen, so lange vom romanischen Style die Rede ist, vorzugsweise der Klosterkirchen zu Arendsee und Jerichow; beide am Ende des zwölften Jahrhunderts erbaut.

Die Kirche zu Jerichow, eine mäfsig grofse Kreuzkirche, mit zwei Thürmen nach Westen, einer Crypta und zwei Capellen östlich neben den Kreuz-Armen, mit besondern kleinen Tribunen, ist, was das Äufsere betrifft, ein sehr zierliches romanisches Bauwerk, mit angenehmen Verhältnissen und von besonders deutlicher Durchbildung. Mit Ausnahme von einem oder zwei Spitzbogen haben alle Öffnungen Rundbogen. Die Thürme steigen schon sehr schlank, jedoch gerade und über quadratischen Grundflächen empor und haben steile achteckige Dächer mit Giebeln, welche indessen nur den mittlern Theil der Mauern bedecken und dadurch ihre Bedeutung verlieren. Die Gurtgesimse

laufen nicht mehr um den ganzen Thurm herum, sondern werden von den, durchgehend hinaufgeführten Ecklisenen unterbrochen. Das Emporstreben, welches sich hier, den sonstigen romanischen Bauwerken zuwider, ausspricht, und die steilen Spitzen mit ihren Giebeln machen es fast wahrscheinlich, dafs die Thürme einer etwas spätern Zeit angehören: allein das vortretende Zwischengebäude deutet wieder auf den romanischen Styl; und da sich in dem Bau der Thürme nach oben zu keine Veränderung im Styl zeigt, so mufs ihnen wohl ein gleiches Alter mit der Kirche zugeschrieben werden. Vielleicht hatte hier das Material auf den Baustyl Einflufs, da freie Gesims-Ecken aus Backsteinen zu machen schwierig gewesen wäre. Auch an den Ecken der Kirche sieht man die doppelte Ausladung vermieden, indem sich statt des steigenden Giebelgesimses blofs ein wenig hinaustretendes Band findet. Man sieht an diesem Beispiel, wie der Gebrauch der Ziegel die Baumeister ganz von selbst zu Veränderungen führen mufste, welche sie zum germanischen Style hinüberleiteten. Dazu gehörte vornehmlich die für kleine Steine nothwendige Verminderung der Ausladung der Gesimse; sodann die Umwandlung der Zwergsäulen der Doppel-Öffnungen in zierliche Fensterstöcke ohne Base und Capitäl, da das Formen und Brennen dieser Säulentheile, und noch mehr das Verjüngen der Schäfte, in den gewöhnlichen Fällen zu umständlich war und am wenigsten in der frühern Zeit üblich werden konnte; endlich auch noch die Gestaltung der Bogenfriese, für welche es ebenfalls schwierig gewesen sein würde, Ziegel, die genau die Form der Bogenfriese haben mufsten, zu formen. Man nahm mehrentheils gewöhnliche Steine dazu, welche man rautenförmig, mit Zacken nach unten und mit der schmalen Seite nach vorn, einsetzte und vorstreckte, so dafs zwischen ihnen und dem Gesimse Vertiefungen entstanden, den scheinbar durchbrochenen spätern Bogenfriesen ähnlich. Auch Bänder ohne Gesims kommen gewöhnlich rautenförmig, aber auch mit kleinen Kreisen und dergleichen ausgefüllt, öfter vor. Eine, dem rohen Bau aus Ziegeln gemeinsame Eigenthümlichkeit ist, dafs man die Füllungen der Friese, der Rosetten, Wappenschilder u. s. w. mit Mörtel putzte; wahrscheinlich um sie mit Farben zu bemalen, wie es einige Reste zeigen. Im Innern ist die Kirche ganz einfach. Aufser den Tribunen, welche Halbkuppeln hat, aufser der schon früher erwähnten Crypta, welche mit Kreuzgewölben, und den östlichen Nebencapellen, welche mit Tonnengewölben bedeckt sind, haben alle Theile dieser Kirche gerade und rohe hölzerne Decken. Das Bemerkenswertheste in ihr sind die ganz schlichten runden Pfeiler, mit ganz roh ausgemauerten Capitälern, blofs mit abgeschrägten Ecken.

An der ursprünglich ohne Thurm, in einem ähnlichen, nur einfacheren Style erbauten Klosterkirche zu Arendsee, ebenfalls einer Kreuzkirche, sind besonders die Gewölbe interessant. Die Vierung des Chors hat ein glattes Kreuzgewölbe; die Abseiten haben Tonnengewölbe; das Gewölbe des Mittelschiffs und des Kreuzes dagegen besteht zusammen aus sechs an einander gereihten sogenannten böhmischen Kuppeln. Dieses isolirte Vorkommen von Kuppeln in diesem entfernten Winkel Norddeutschlands ist eines jener Räthsel, deren man aus der romanischen Periode der Baukunst mehrere findet. Es ist um so schwieriger zu erklären, da das einzelne Kreuzgewölbe des Chors, welches keine Spuren einer spätern Entstehung an sich trägt, beweiset, dafs man schon Kreuzgewölbe von gröfserer Spannung zu machen verstand. Sollte man, da die Kirche keine Strebepfeiler hat, die Kuppeln absichtlich wegen ihres geringern Seitendrucks gemacht haben? oder wollte man blofs den Chor durch ein Kreuzgewölbe auszeichnen? Das eine und das andere scheint für die damalige Zeit zuviel Raffinement zu sein. An mehreren Stellen im Innern, wo noch einiger anliegenden Rundstäbe mit Würfelcapitälern aus Backstein zu gedenken ist, zeigen sich Spuren von Malerei. Im Vorbeigehen ist hier ein werthvolles Altargemälde auf Goldgrund aus dem funfzehnten Jahrhundert zu erwähnen.

Einige weniger bedeutende Kirchen, z. B. die Klosterkirche zu Diefsdorf, mit einigen alterthümlichen Details, und die kleine Stiftskirche zu Crevese geben weniger Anlafs zu Betrachtungen. An der letztern Kirche ist nur das westliche Doppelportal mit dem roh aus Granit gearbeiteten Gesims des Mittelpfeilers zu bemerken. Doppelportale, wie hier, ohne gemeinschaftlichen Hauptbogen, sind im allgemeinen nicht häufig. Von der Anwendung des Granits ist aber in jener Gegend, aufser an einem polirten Säulenschaft in der Crypta zu Jerichow, kein Beispiel zu finden.

Ein sehr merkwürdiges und räthselhaftes Bauwerk aus Backsteinen ist in der Mark Brandenburg die bekannte Marienkirche auf dem Harunger Berge. Früher wurde sie für ein Bauwerk Heinrichs I. gehalten, die neuere Critik (vergl. *Kugler*) verweiset sie aber in das eilfte oder zwölfte Jahrhundert. Nach den Lisenen und Bogenfriesen zu urtheilen, letztere abweichend vom Backsteinbau in der ältern reellen Rundbogenform (wenn anders die Zeichnungen richtig genug sind), könnte sie dem Anfange des eilften Jahrhunderts angehören. Die wenigen Spitzbogen der Thürme, die wahrscheinlich in der Wirklichkeit weniger schlank waren, könnten möglicherweise eben so alt sein:

allein die Dachgiebel der Thürme, die zierlich durchbrochenen Friese derselben, die schlanken Verhältnisse der Fenster, deuten auf das Ende des zwölften Jahrhunderts; ein sicheres Urtheil ist jedoch hier um so weniger möglich, da wir es hier mit einem sehr fremdartigen Bauwerke zu thun haben. Die Kirche ist nämlich offenbar nach griechischem Vorbilde, jedoch mit Zumischung deutscher Eigenthümlichkeiten gebaut. Sie bildet aufsen beinahe ein Quadrat, im Innern das griechische Kreuz; die Ecken des Kreuzes nehmen vier quadratische Thürme ein, welche etwa noch einmal so hoch sind, als die Kirche. An den vier Stirnseiten des Kreuzes sind Tribunen, deren östlicher sich wieder drei kleinere Tribunen anschliefsen. Im Innern sind Gallerieen angebracht gewesen, wahrscheinlich in den Thürmen, und es soll nach *Büschings* Citat (Reisen durch einige Münster etc. S. 54) auch die Altartribune zwei Stockwerke gehabt haben; in welchem Falle dann auch der Kreuzes-Arm davor zwei Stockwerke gehabt haben müfste. Byzantinisch ist also an diesem Gebäude die Grundform, so wie die mit drei Nischen geschlossene Tribune, und die äufsere Bedachung der vier grofsen und drei kleinen Tribunen mit Halbkuppeln; endlich vielleicht auch noch die Anordnung der Gallerieen im Innern. Dagegen ist die Anordnung und die Gestalt der Thürme, der Mangel einer Kuppel in der Mitte, der Mangel aller Säulen im Innern, und namentlich die Überwölbung aller Räume mit Kreuzgewölben, entschieden deutschem Einflusse zuzuschreiben. Sogar die Tribunen sind, nach den punctirten Linien im Grundrifs (bei Minutoli) zu urtheilen, nicht kuppelförmig, sondern mit Grad-Ecken überwölbt gewesen. Bemerkenswerth sind noch, aufser dafs die Thurmgiebel an die steilern Kegeldächer sich nicht anschliefsen, sondern frei stehn, die in die Luft ragenden Pfeilerchen mit ihren kleinen, kuppelförmig bedeckten und durchbrochenen Aufsätzen; sie erinnern lebhaft an die Minarets der arabischen Moscheen, und es ist wahrscheinlich, dafs das Vorbild zu diesem Gebäude in irgend einer Zeit und Gegend des Morgenlandes gesucht werden mufs, wo die Araber sich schon ausgebreitet hatten und ihre Baukunst mit der griechischen sich vermischt hatte.

§. 131.

Fortsetzung. Wieder-Annäherung an die Antike.

Die neuere Critik nimmt an, dafs im zwölften Jahrhundert eine allgemeine Wieder-Annäherung an antike Formen, wenn gleich mit selbstständiger Auffassung derselben, stattgefunden habe. Es ist in Bezug auf den ganzen Entwicklungsgang der Baukunst wichtig, hier den richtigen Gesichtspunct zu

finden. Nicht zu leugnen ist, dafs, nachdem sich die Architektur reicher gestaltet hatte, Formen entstanden, welche den Beobachter entfernt an die Antike erinnern; sodann andere, zu welchen das Vorbild in der Antike gesucht werden mufs; und wieder andere, wenn auch selten, welche gradezu copirt zu sein scheinen, so wie, dafs man in einzelnen Fällen sogar den Geist der Antike wieder auftauchen sieht. Aber bei dem allen wird sich nicht behaupten lassen, dafs sich die romanische Kunst im Ganzen der längst vergessenen Principien der antiken Baukunst wieder zugewendet habe; auch kann nicht zugegeben werden, dafs die Nachahmungen im Einzelnen allgemein gewesen wären.

Man will eine Nachbildung der Antike in der Gesimsprofilirung finden. Als man aber anfing, die Gesimse reicher zu gestalten, konnte es wohl nicht fehlen, dafs im Einzelnen die Gliederungen den römischen von selbst ähnlich wurden, da die römische Kunst hier fast das ganze Gebiet der Formen erschöpft hatte: in der Zusammenstellung dagegen dürfte sich in den meisten Fällen eine sehr grofse Verschiedenheit nachweisen lassen. Namentlich fehlt dem romanischen Gesimse in Deutschland das Hauptglied aller echt antiken Gesimse, die hängende Platte in der Mitte, fast immer; und wenn in manchen Fällen die Gesimse im Ganzen eine Ähnlichkeit mit den antiken haben, rührt dieselbe wohl nur mehr von dem Umstande her, dafs sich die römische Kunst in der letzten Zeit schon sehr weit von der echten Antike entfernt hatte. Findet man auch einzelne bestimmtere Nachbildungen, so sind sie doch gewöhnlich verfehlt; mindestens wurde der Geist der Antike durchaus nicht erfafst. So hatte man z. B. bei einem Untergesims am Chore des Magdeburger Doms, auf welches auch *Kugler* Bezug nimmt, offenbar die Nachbildung eines Eierstabes im Grofsen beabsichtigt; das 8 Zoll hohe wulstförmige Gesimsglied ist hier ganz ähnlich wie die Eierstäbe ausgehöhlt, aber statt des Eies in jeder Höhlung findet man zwei aufrecht stehende, steif gearbeitete Acanthusblätter. Da sich nun aufser diesem Gesimse, der attischen Base und den wenigen, zu den antiken Säulenfragmenten aus dem alten Dome gehörigen, den corinthischen ähnlichen Capitälen, ein weiteres Beispiel von Nachbildung antiker Formen an dem weitläufligen Gebäude nicht findet, so kann wohl eine allgemeinere Annäherung an die Antike hier noch nicht zugegeben werden. Als eine allgemeinere Anwendung antiker Profilirungen ist blofs die attische Base zu betrachten; welche indessen auch wohl in *jedem* Styl an ihrer Stelle sein möchte; wie wir dies schon im zweiten Theile erinnerten. Dennoch wich man auch hier vom echt antiken Styl ab, indem man nicht blofs den Säulenbasen, son-

dern auch dem ganzen umlaufenden Fufsgesimse das attische Profil gab. Noch weniger ist es dem antiken Geiste gemäfs, dafs man, wie im Magdeburger Dom im Naumburger Dom, in der Kirche zu Memleben und in vielen andern Kirchen das attische Profil, oder doch ein sehr ähnliches, den Kämpfern, das unter nach oben gekehrt, gab.

Man findet auch, zweitens, und mit gröfserem Rechte, eine Annäherung an die Antike in den Säulenformen. Da aber die Säule im Allgemeinen immer mehr verbannt wurde, so kommt darauf im Grunde wenig an. Auch ist die Nachahmung nicht sehr streng. Denn aufser der Veränderung im Profile der attischen Base erlitt die Base auch noch durch die Eckblätter eine wesentliche Veränderung im Geiste des Germanismus; nemlich einen Übergang der viereckigen Form in die runde. Dafs man ferner zum Kelch-Capitäle wieder zurückkehrte, als man die Säulen nicht mehr zur einzigen Stütze der Wölbung machte, sondern sie nur an Pfeiler unter die Vorsprünge der Bogen stellte hatte seinen Grund eher in dem nach Erleichterung strebenden germanischen Geiste, als in einer Wieder-Aufnahme antiker Motive; wie es die so oft vorkommende eigenthümliche Verzierung durch kühn hervortretende Knollen oder Kolben beweiset, in welchen sich allenfalls eine Nachbildung der Voluten an korinthischen Capitäle, keineswegs aber des Capitäls selbst, erkennen läfst. Dafs von den Tausenden verschiedenartig verzierter Capitäle einige dem corinthischen mehr oder weniger ähnlich sehen, ist weniger zu verwundern, als dafs ihre Mehrzahl von demselben so wesentlich abweicht. An den verzierten Säulenschäften, wie sie allgemach üblich wurden, finden sich freilich die geraden und schraubenförmigen Canneluren; ebenso oft aber auch Blumengewinde, rautenförmige und andere eigenthümliche Verzierungen; so dafs auch hier, zumal die verzierten Säulenschäfte, nur einzeln vorkommen und die Nachbildung sich auf einzelne Fälle beschränkt. Es ist hier noch besonders zu bemerken, dafs im romanischen Style, in welchem die Säule ihre eigentliche Bedeutung verloren hatte, die unpassende Verzierung des Schaftes viel von ihrer Unangemessenheit verlor und weniger unangenehm auffällt, als bei den römischen Bauwerken.

Deutlicher als in diesen, oft vielleicht nur zufälligen Einzelnheiten erblicken wir eine Nachbildung römischer Bau-Art in der Vorliebe zu Tonnen- und Kuppelgewölben und in den so häufigen, blofs angeblendeten oder nischenförmigen Arcaden der Rheinischen Kirchen. Indessen ist diese Anordnung nur örtlich und findet sich nur in den ehemals römischen Provinzen, wo die vielen altrömischen Bauwerke die Baumeister stets zur Nachahmung anreizen mufsten

Auf das übrige Deutschland hat sie sich nicht verbreitet, und es ist folglich auch in diesem Punct eine *allgemeine* Wieder-Annäherung an die Antike nicht zu erkennen.

Auffallender finden wir uns vom Geiste der Antike in einigen Kirchen von Sachsen berührt; wenn gleich es hier eigentlich weniger die Baukunst als die Bildhauerkunst ist, die uns an die Antike erinnert; namentlich in den Kirchen zu Hecklingen, Wechselburg und Freiberg.

Die Kirche zu Hecklingen, etwa 1130 erbaut, ist eine gewöhnliche Kreuzkirche. Sie hat nach älterer Art abwechselnd Pfeiler und Säulen und durchweg eine hölzerne Decke. Ihr Styl ist einfach, aber edel. In dieser Kirche sind nun an den Wänden des Mittelschiffes über den Bogenzwickeln und dicht unter dem Bandgesims, welches sich an der einen Seite, jedesmal in halbkreisförmigen Kröpfungen über den Köpfen erhebt, Figuren von Engeln mit ausgebreiteten Flügeln in Zweidrittheil Lebensgröfse in Stuck angebracht. Weniger der Styl der Arbeit, als die im Mittelalter schwerlich an einem zweiten Beispiele vorkommende Anordnung der Figuren, und nächstdem die Form der Flügel scheint einem antiken oder wenigstens italischen Muster nachgebildet zu sein.

Die Kirche zu Wechselburg oder die Kirche des im Jahr 1174 gegründeten Klosters Zschillen hat nicht Säulen, sondern nur Pfeiler mit ausgekehlten Ecken. Sie hatte ursprünglich eine hölzerne Decke; der Chor aber ist mit einem glatten Kreuzgewölbe überspannt, welches schon gleich anfangs gemacht zu sein scheint; die Pfeiler haben nicht das attische Fufsgesims. Der Eingang auf der Nordseite, verbunden mit einer Vorhalle, welche Spitzbogen hat und also später gebaut zu sein scheint, obwohl die ihm zugehörigen Säulen mit denen des Eingangs selbst vollkommen übereinstimmen, besteht aus zwei Thürmen neben einander. Die breiten und tiefen Laibungen, wie sie gewöhnlich vorkommen, fehlen hier; vielmehr hat jede Thür-Einfassung nur einen einzigen Einschnitt, mit einer Säule darin; die Säulen haben attische Basen und Capitäle ohne Platten, welche die Mitte zwischen den Würfel- und den Kelchcapitälen halten und reich mit aufrechtstehendem Blattwerk verziert sind; auch die Schäfte sind verziert, der erste links mit lothrechten Streifen von Rinnengeflechte, der zweite mit breiten Canneluren, der dritte schraubenförmig; der vierte ist glatt. Die Bogen sind reich und zierlich gekehlt. An die Vorhalle sind vor den Mauer-Ecken und dem Mittelpfeiler drei andere ganz ähnliche Säulen aufgestellt. Findet sich hier gleich eine Abweichung von der gewöhnlichen Form der romanischen Portale, so läfst sich doch nicht gerade

sagen, dafs die Antike ihm zum Vorbilde gedient habe. Mehr ist es der Fall mit der Kanzel und dem Altare, welche beide seltenerweise dem ursprünglichen Bau anzugehören scheinen. Die Sculpturen an der Kanzel sind von hohem Werthe, und es kommen namentlich die beiden Halbfiguren des Cain und des Abel der Antike sehr nahe. Auch die zwei untern Säulen unten an der Kanzel ähneln dem corinthischen in der Form wie im Verhältnifs mehr als andere, nur dafs der eine Schaft rautenförmig mit Bändern verziert ist. Einen ähnlichen Anklang an die Antike gewahrt man an den Figuren am Altar. Am Eingange des Chors vor den Eckpfeilern stehen sonderbarerweise zwei Figuren unmittelbar über dem Fufsboden auf Thiergestalten. Die eine stellt einen Krieger in römischer Tracht vor; was der sicherste Beweis einer Nachbildung sein möchte.

Das auffallendste, brillanteste und zugleich räthselhafteste Beispiel vom Wiederaufleben der Antike, und zwar nicht blofs der Form, sondern auch des antiken Geistes, giebt aber die sogenannte goldene Pforte zu Freiberg. Die Anordnung derselben ist die im romanischen Style gewöhnliche; jedoch kommen schwerlich sonst irgendwo Laibungen vor, die im Verhältnifs zur Thür so breit wären. Während die innere Öffnung ziemlich schlank ist, ist die äufsere beinahe so breit als einschliefslich des Bogens hoch. An jeder Seite hat die Laibung vier Einschnitte und fünf Säulen, deren vier in den Ecken stehen, die eine aber, nach römischer Art, unbelastet frei vor der vordern Mauerecke angebracht ist. Die Säulen stehen auf hohen Sockeln; die beiden vordern haben einen einfachen Ring, die 8 hintern die attische Base; die Capitäle haben eine reiche Blattverzierung und die zum Kelche sich neigende Würfelform. Darüber ist ein, ebenfalls mit Blattwerk reich verziertes, aber schweres Kämpfergesims, welches sich um die Mauer-Ecken herumkröpft. Von den Säulenschaften ist der erste glatt, der zweite ganz nach antiker Art cannelirt, der dritte rautenförmig, der vierte im Zickzack, der fünfte schraubenförmig verziert, und ausnahmsweise sind die gegenüberstehenden einander gleich: eine Symmetrie, welche sonst selten vorkommt. Die vier ersten Mauer-Ecken an jeder Seite sind zwischen Fufsgesims und Kämpfer mit einer breiten Halbkehle ausgeschnitten, welche oben wiederkehrend endet und am Schlufs mit einem theils menschlichen, theils thierischen Kopfe verziert ist. Die beiden vordern Ecken sind jede mit zwei Tauben verziert. In diesen Hohlkehlen stehn auf den kragsteinartigen Capitälen ganz dünner Säulchen Statuen von der edelsten Ausführung. In den Bogen laufen die Einschnitte

mit ihren Rundstäben hindurch, aufser über den beiden ersten Säulen; ebenso die Kehlungen der Mauer-Ecken, die hier noch mit zierlichen Stäbchen eingefafst sind. Auch in diesen Kehlungen sind Figuren, nach der gewöhnlichen Art, eine dicht über der andern und an jeder Seite aufsteigend, angebracht, die obere in fast liegender Stellung; in der Mitte ist eine Schlufsfigur; der Gegenstand der Darstellung ist in jeder Kehle ein anderer; in der äufsersten ist er die Auferstehung. Der runde Thürsturz ist mit einem Hautrelief geschmückt, die Anbetung der Könige vorstellend; vorn über den Säulen sieht man Grotesken auf den Ecken der Kämpfer liegend; die Hauptstatuen stehn wie gewöhnlich auf kleinen liegenden Figuren, welche indessen sehr undeutlich geformt sind. Blofs die Köpfe (Thier und Mensch) sind deutlich; der Körper verliert sich in unförmlichen Pflanzenbildungen u. s. w. Man sieht, dafs sich der Künstler dieser christlich-romanischen Sitte nur ungern bequemte.

Die Figuren haben sämmtlich römische Tracht; sie sind in Entwurf und Ausführung von vollendeter Art (S. *Puttrich* Denkmale I. Abth. Lief. III.) und erinnern den Beschauer entfernt an die Gleichförmigkeit des byzantinischen Styls, während sie die kindlich-fromme Innigkeit der deutschen Kunst, im Ganzen aber vorherrschend den Geist der Antike aussprechen; einige besonders, wie die erste Standfigur links, ein Josua, wie er ganz ähnlich am Altar der Kirche zu Wechselburg vorkommt; mehrere der aus den Gräbern steigenden weiblichen, und zwar nackten Figuren im äufsern Thürbogen haben fast griechische Grazie; die letzteren scheinen, so weit sich aus der Zeichnung in dem kleinen Maafsstabe urtheilen läfst, eher badende Nymphen als Auferstehende vorzustellen.

Welchem Zeitalter verdankt nun die Architektur, und besonders die Sculptur an dieser Pforte, ihre Entstehung? Nach der Ansicht von *Puttrich* und *Stieglitz* ist die Pforte ein Überbleibsel einer frühern Kirche, welche, gleichzeitig mit der Stadt, am Ende des zwölften Jahrhunderts erbaut worden war. Ihre Architektur weiset allerdings auf diese Periode hin: wie aber konnte in jener Zeit eine so vollendete Arbeit gemacht werden, der sich weder die gleichzeitigen Werke irgend eines Landes, noch die Arbeiten der nachfolgenden Jahrhunderte in Deutschland gleichstellen können? Der Erklärung, dafs ein einzelner Meister seinen Kunstgenossen und seiner Zeit in einem *solchen* Grade vorangeeilt sei, dafs die nachfolgenden Meister es auch nicht einmal gewagt haben sollten, ihm nachzustreben, widerspricht die Erfahrung durchaus; nirgend findet sich eine zweite, gleiche, isolirte Erscheinung. Es fragt

sich zuerst, ob sich deutlich wahrnehmen lasse, dafs die Pforte ein älterer Rest sei, welcher der im funfzehnten Jahrhundert im zierlichen germanischen Styl erbauten Kirche eingefügt wurde. Die Herausgeber nehmen dies an, ohne jedoch die *bestimmten* Merkmale davon anzugeben. Sie sagen nur, dafs die Pforte, zugleich mit der ausnahmsweise sehr hohen Mauer über dem zum Chor führenden Bogen, an welchem sich ein dem 12ten Jahrhundert angehöriges Capitäl finde, ein Überrest der alten Kirche sei. Gegen das Letztere streitet aber der *hohe* Spitzbogen, welcher jene östliche Mauer durchbricht, während die sonstigen Spitzbogen des zwölften Jahrhunderts immer nur sehr wenig über den Halbkreis sich erheben; wenigstens da, wo keine besondere Veranlassung dazu vorhanden war. Und auch dann half man sich gewöhnlich durch lothrechte Fortsetzung der Gewände über den Kämpfern. Auch das angeführte Capitäl ist nicht entscheidend, und es ist nach der auf Bl. 7. gelieferten Spezial-Ansicht eigentlich gar kein Capitäl, sondern ein Arabeskengewinde, unter welches ein dünner Rundstab stumpf anläuft; diese mifsverstandene Formation könnte auch einer spätern Zeit angehören. Die Dicke der Mauer, in welcher die Pforte liegt, ist ebenfalls kein bestimmtes Kennzeichen des romanischen Alters; denn auch im germanischen Styl liebte man tiefe Thürlaibungen und verstärkte für dieselben die Mauern. Es kommt Alles darauf an, an Ort und Stelle näher zu sehen, ob sich unzweideutige constructionelle Merkmale eines höhern Alters der Pforte finden. Wäre das nicht, oder fände sich gar das Gegentheil, so würde man sich vielleicht zu folgender Erklärung entschliefsen müssen. Die Sculpturen tragen im Ganzen den Character der Werke italischer Meister aus dem funfzehnten Jahrhundert; dieses ist zugleich die Zeit der Erbauung des jetzigen Doms: wie nun, wenn aus irgend einem Grunde einer der damaligen italischen Bildhauer, die gewöhnlich zugleich Baumeister waren, zu Hülfe gerufen wäre? Die Ähnlichkeit der hiesigen Bildwerke mit denen in der nicht entfernten Wechselburger Kirche steht dieser Erklärung nicht entgegen; die Kanzel der letztern Kirche könnte, zumal ihre ambonenartige Form italische Abkunft verräth, von demselben Meister oder von seinen Schülern verfertigt sein; ebenso könnte es mit den Figuren in den Nischen der Altarwand sein, wenn auch die letztere selbst schon vorhanden war. Auffallend ist hier die oben gedachte Stellung der beiden Figuren am Eingange des Chors; auch diese reihen sich in der Tracht und im Styl den übrigen Bildwerken an, während die Figuren auf dem Denkmal des Stifters jener Kirche und die freistehenden Figuren auf der Altarwand, erstere den deutsch-roma-

nischen, letztere den manierirten spätern Styl zu erkennen geben. Die freie Stellung der Figuren auf ebener Erde erklärt sich so am leichtesten; sie machte die wenigsten Umstände und deutet, ebenso wie die undeutliche Formation der kleinen Gestalten, auf welchen die Statuen an der goldnen Pforte stehn, darauf hin, dafs der Meister mit der deutschen Sitte rücksichtlich der Aufstellung nicht recht vertraut, oder nicht damit einverstanden war. Auch in der Kirche selbst könnte man die ungewöhnliche Anordnung der freien Gallerie unter den Fenstern der Seitenschiffe, mit den einzeln herausgelegten Balconen und deren Unterstützung, so wie das Geländer ohne Spitzpfeiler, füglich dem Einflusse eines fremden, südländischen Baumeisters zuschreiben; welcher vielleicht nur zu spät kam, um auch auf die Hauptformen des Baues einzuwirken. Freilich bleibt noch der entschieden romanische Character der Architektur an der goldnen Pforte ein gegründetes Bedenken; indefs wäre es möglich, dafs man rücksichtlich der Hauptgestaltung den Baumeister auf deutsche Vorbilder verwiesen hätte, und dafs er dann lieber die seiner heimathlichen Bau-Art damaliger Zeit näher stehende romanische als die germanische Anordnung gewählt hätte. Es dürfte hierbei nicht zu übersehen sein, dafs auch der Einbau zwischen dem Chor und der Kirche, welcher, ebenso wie die Pforte, später gebaut sein wird, den Rundbogen statt des Spitzbogens hat. Liefse sich dagegen beweisen, dafs der Mauertheil, in welchem sich die Pforte befindet, der Rest eines ältern Baues sei, so könnte sehr wohl die Ausschmückung auf die bezeichnete Weise im funfzehnten Jahrhundert entstanden sein. Alles zusammengenommen möchte eine solche Erklärung noch am ersten das Räthsel lösen. Es wird so die Hauptform, vielleicht nur mit den Rundbogen und den rechtwinkligen Einschnitten, demjenigen Zeitalter zugewiesen, welchem sie nicht fremd ist; es wird die nicht unbedeutende Schwierigkeit erklärt, wie man ein saubres Werk während des Baues der Kirche gegen Beschädigungen habe bewahren können; es finden die dünnen Stäbchen, auf welchen die Statuen stehn, so wie die andern Anklänge an den germanischen Styl, ihre Erklärung, und es ist nun um so weniger befremdend, dafs man die Wiederherstellung des Werks der Hauptsache nach im romanischen Style ausführte, da einmal die Hauptform eine andere Gestaltung nicht wohl gestattete und der zur Ausschmückung herbeigerufene italische Bildhauer wohl gerade diese Form vorzog. Endlich hat die Vollendung und der Character der Bildwerke dann nichts Auffallendes mehr. Freilich verschwinden auch so noch immer die Unwahrscheinlichkeiten nicht ganz. Wie es sich aber auch hier verhalten möge, so sind doch jedenfalls diese Erschei-

nung, eben wie alle andern oben genannten, nur vereinzelte Fälle; und so dürfte immer nur eine partielle, und keineswegs eine allgemeine, im Entwicklungsgange der Baukunst gegründete und denselben fördernde Wieder-Annäherung an die Antike nachzuweisen sein. Die Annäherung zeigt sich immer nicht als eine Gesammtrichtung, sondern nur als eine der einzelnen verschiedenartigen Richtungen, in welchen die romanische Kunst zuletzt auseinanderfloſs. Die überwiegende Hauptrichtung war und blieb das Streben nach dem germanischen Styl hin; welches eben erst dann thatkräftig und mit Entschiedenheit ins Leben treten konnte, als jene und ähnliche Fesseln gesprengt waren.

§. 132.

Fortsetzung. Einwirkung der arabischen Kunst.

Die wunderbar phantastische Baukunst der Araber stand bereits in voller Blüthe, als die christliche Baukunst in Deutschland kaum die ersten Knospen getrieben hatte. Von Dem, was wir Übereinstimmendes in Beiden finden, müssen wir daher, wenn keine Beweise vom Gegentheil sich finden, oder die abgesonderte Entstehung nicht wahrscheinlich gemacht werden kann, die Ehre der Erfindung, oder doch der ersten Benutzung derselben, den Arabern zuschreiben, deren geistige Bildung überhaupt lange Zeit der christlichen voranleuchtete. Ein durchgreifender Einfluſs der arabischen Kunst auf andere Länder wird, auſser bei den Normannen, erst bei dem Übergange in den germanischen Baustyl, und zwar als Folge der Kreuzzüge und der christlichen Niederlassungen im Orient, gleichzeitig mit der allgemeinen, gegenseitigen Durchdringung und Vermittlung abend- und morgenländischer, christlicher und muhamedanischer Bildung und Lebensweise, sichtbar. Es konnte indessen nicht fehlen, daſs durch die zahlreichen Pilgerfahrten nach dem heiligen Grabe schon sehr früh die arabische Bauart im Abendlande bekannt wurde, und es ist hier nicht zu übersehen, daſs die Ausübung der Baukunst damals ausschlieſslich in den Händen der Geistlichen sich befand, welche ja bei den Wallfahrten nach Jerusalem vorzugsweise betheiligt waren, und auch wohl länger dort sich aufhielten. Natürlich muſste sich die auf solche Weise angeregte Nachahmung, besonders so lange die christlichen Baumeister sich ihres Zieles noch nicht deutlich bewuſst und noch nicht im Stande waren, den innern Geist der Architektur und eines Baustyls überhaupt zu begreifen, auf Einzelnes beschränken. So stellt

sie sich denn auch in der romanischen Periode in Deutschland durchweg dar. Sie besteht nur in einzelnen Nachbildungen, welche keinen, oder doch nur einen sehr geringen weitern Einfluſs auf die Entwicklung der Kunst gehabt haben. Dahin möchten etwa zu rechnen sein: einige Capitälformen, namentlich was die Gestaltung des Blätterwerks betrifft; einige wenige andere Verzierungsformen; die Anwendung freistehender, sehr dünner Säulchen, namentlich die gruppenweise Stellung derselben um einen isolirten vierckigen Kern; die winkelrechten Einrahmungen der Bogen, und überhaupt die Verzierung glatter Mauern mittels feiner Gliederungen, die sich wie Rahmen ausnehmen; die Auszackung der Bogen, wie sie mitunter vorkommt, z. B. an der Doppelcapelle zu Freiburg a. d. Unstrut; die überhöhten Bogen; vielleicht auch die Kleeblattbogen, und vor Allem *die Spitzbogen.*

Insbesondere diese zuletzt genannte Bogenform nimmt, und zwar in hohem Grade, unsre Aufmerksamkeit in Anspruch. Wir werden zwar später sehen, daſs die noch ziemlich allgemeine Ansicht, als ob der germanische Baustyl, den man auch wohl geradezu den Spitzbogenstyl nennt, wesentlich auf den Spitzbogen gegründet und daſs er aus diesem hervorgegangen sei, irrig ist; gleichwohl bleibt die Erscheinung des Spitzbogens im romanischen Baustyl interessant, und ist vielleicht dann noch um so interessanter, wenn man sie nicht als ein Erzeugniſs des nach Entwicklung strebenden christlichen Geistes sollte betrachten können. Die Form des Spitzbogens ist uralt. Wir fanden sie schon in Indien, z. B. in Mahawatipuram und, der Idee des Wölbens näher, in den pelasgischen Schatzhäusern u. s. w. *Caumont* will, was noch ungleich wichtiger sein würde, einen ausgebildeten Spitzbogen*baustyl,* aus der Zeit der Sassaniden herrührend, in Persien gefunden haben: eine Nachricht, die aber wohl noch der Bestätigung bedarf, die jedoch, sofern ihr der geschichtlich nachgewiesene Einfluſs griechischer Bildung auf Persien in jener Zeit nicht entgegenstände, nicht eben sehr befremdend sein würde. Ob sie gegründet sei und ob die Araber den Spitzbogen, welchen sie in der Folge sehr lieb gewannen, von hier entlehnten, oder ob sie ihn, unter den mancherlei andern phantastischen und weniger architektonisch begründeten Bogenformen, erfunden haben mögen, mag dahin gestellt bleiben; gewiſs ist es, daſs sich in dem 719 erbauten und 821 (nach Andern 859) erneuerten Nilmesser auf der Insel Rhoda bei Cairo im Innern Nischen mit Spitzbogen überwölbt finden, und daſs andere sarazenische Bauwerke, namentlich die Moschee zu Teylone (879) und die von Hakem (1003) in Ägypten, und allgemeiner noch die bis ins eilfte

Jahrhundert in Sicilien errichteten Bauwerke ebenfalls, und zwar vorherrschend, den Spitzbogen zeigen, und das auf eine Weise, dafs nicht etwa an eine spätere Hinzufügung zu denken ist. Demnach dürfen wir denn nicht zweifeln, dafs diese Bogenform der arabischen Baukunst früher eigen war, als der christlichen; denn wenn gleich in den Miniaturen eines zu Paris befindlichen Evangeliariums aus dem zehnten Jahrhundert schon ein Spitzbogen vorkommt, und dergleichen also möglicherweise auch in der Wirklichkeit schon vorhanden sein konnten, so zeigt sich doch weder in Deutschland, noch in irgend einem andern christlichen Lande irgend eine Spur, dafs dort bereits um 821 der Spitzbogen bekannt gewesen wäre; im Gegentheil läfst sich solches, nach der Analogie der noch vorhandenen Bauwerke aus jener früheren Zeit, mit Bestimmtheit verneinen.

Aber allerdings verdient die Frage Erwägung, ob nicht der Spitzbogen, unabhängig von arabischer Kunst, in Deutschland erfunden sein könnte. Die weitere Ausbildung der Kreuzgewölbe konnte sehr leicht auf diese Bogenform führen. Denn wollte man über oblongen Räumen die kleinen Gurtbogen eben so hoch machen, als die gröfsern, oder den Kreuzgurten die Form des Halbkreises geben, ohne die Kappen steigen zu lassen, so mufste in beiden Fällen, im ersten für die schmäleren, im zweiten für alle Kappen ein überhöheter elliptischer Bogen gemacht werden, statt dessen sich dann der leichter und einfacher zu construirende Spitzbogen (vielleicht selbst aus Unkunde) setzen liefs. Hatte man aber die Bogenform einmal gefunden, so mufste man leicht sehen, dafs sie constructionell vor dem Halbkreise den Vorzug hatte; besonders für weite Spannungen, oder wo eine grofse Last zu tragen war.

So gewagt auch diese Annahme sein mag, so sprechen doch einige nicht unwichtige Gründe dafür. Die ältern Spitzbogen sind nämlich sämmtlich nur sehr wenig höher als der Halbkreis, gerade so wie sie sich auf die oben gedachte Weise gebildet haben würden. Sie finden sich ferner, mit sehr wenigen Ausnahmen, nur ausschliefslich bei den gröfsern, und namentlich bei den stark belasteten Bogen zwischen Schiff und Abseiten, während Thüren und Fenster nach wie vor den Rundbogen behielten. Hätte man den Spitzbogen von den Arabern entlehnt und aus Vorliebe für die *Form* nachgeahmt, so würde man ihn wohl, wie dort, entschiedener spitz, d. h. höher gemacht und auf alle Wölbungen ausgedehnt haben; man würde in beiden Puncten wahrscheinlich noch weiter gegangen sein, als man es an den Vorbildern gesehn hatte; wie dies in der Natur der Nachahmung liegt.

Sollte indessen dennoch der Spitzbogen aus der arabischen in die christliche Baukunst herübergekommen sein, so könnte es doch nur, entweder in gedankenloser Nachahmung, oder aber nur seiner constructionellen Vorzüge, nicht seiner ästhetischen Bedeutung wegen geschehen sein. Und so verliert die Entscheidung der Frage in Bezug auf die Geschichte der *Kunst* an Wichtigkeit; es mufste die Einführung des Spitzbogens ohne wesentlichen Einflufs auf die fernere Entwickelung der christlichen Baukunst bleiben. Das letztere ist wirklich der Fall gewesen; denn entweder finden sich die Spitzbogen, wie bereits gedacht, lediglich unter den hohen Mauern des Schiffes, zwischen diesem und den Abseiten, oder aber ganz willkürlich mit Rundbogen vermischt; und überall, selbst da, wo sie in einigen der letzten Bauwerke den Rundbogen ganz verdrängt haben, behalten sie wegen ihrer Niedrigkeit den Character des Rundbogens, ja sie nehmen, der Idee des Spitzbogens entgegen, einen noch schwereren Ausdruck an, als jener hat.

Aller Wahrscheinlichkeit nach benutzte man die Spitzbogen zuerst nur für gröfsere Spannweiten und starke Belastung; namentlich zwischen Schiff und Abseiten. Eine Reihe von Monumenten in Sachsen, Thüringen und Hessen zeigt diese Art der Benutzung. Die übrigen Bogen, mit wenigen Ausnahmen, haben hier jedesmal die Kreisform. Die Bauwerke sind: die Klosterkirche zu Memleben, der Dom zu Naumburg, der Dom zu Merseburg, die Stadtkirche zu Freiburg an der Unstrut, der Dom zu Basel, die Sebalduskirche zu Nürnberg und der Dom zu Bamberg, denen auch noch die kleine Kirche zu Pölnitz bei Dessau sich anreiht. Die Kirche zu Memleben scheint nie überwölbt gewesen zu sein; die Pfeiler sind kurz und dick, glatt, viereckig, und an der Bogenseite mit sehr dicken Dreiviertelrundstäben oder Halbsäulen verstärkt; die ganz einfachen Würfelcapitäle im untern Theile sind hohlkehlenartig ausgehöhlt. Die Bogen, Dem entsprechend, haben rechtwinklige Einschnitte; die attischen Basen sind mit Eckblättern verziert, und über den Capitälen läuft ein schweres, umgekehrt wie die attische Base profilirtes Kämpfergesims um den ganzen Pfeiler herum. Der Chor ist vieleckig geschlossen. Im Dom zu Merseburg ist nur noch wenig vom alten Bau vorhanden. Pfeiler und Bogenprofile sind glatt, und erstere quadratisch. Die Kirche zu Pölnitz hat das Eigene, dafs die Spitzbogen theilweise auf kurzen, dicken Säulen stehn. An den übrigen genannten Kirchen sieht man die früher gedachte, als deutsches Eigenthum in Anspruch genommene Anordnung mit kreuzförmigen Pfeilern, ringsum mit Rundstäben besetzt, und mit den hoch hinauflaufenden Gurtfortsetzungen; die Gewölbe sind

sämmtlich Spitzbogen; die im Naumburger Dom haben keine vortretenden Kreuzgurte, wie die andern, offenbar spätern. In der Freiburger Kirche ist nur ein Theil alt, und die Gurte haben hier schon Eckkehlungen. Der Dom zu Basel hat die Eigenthümlichkeit, dafs die Abseiten zweistöckig sind und dafs die obere Gallerie nicht Spitzbogen sondern Rundbogen hat; was vielleicht die oben ausgesprochene Ansicht bestätigt, weil hier die Last der Mauer geringer war und jeder Bogen noch durch drei innerhalb angebrachte kleinere unterstützt wird. Die Fenster sind überall rundbogenförmig geschlossen.

Es fragt sich nun, zu welcher Zeit jene Kirchen erbaut sind? Nachdem die neuere Critik die frühere Annahme, dafs die jetzigen Kirchen noch die ursprünglichen seien, verworfen hatte, ist ihr Ausspruch in neuester Zeit wieder verdächtigt worden. Man sehe *C. R. Lepsius* in der Einleitung zur Übersetzung von *Knight*'s Entwicklung der Architectur bei den Normannen, und *L. Lepsius* über den Naumburger Dom, bei *Puttrich*; so wie die Recensionen beider Werke vom Verf. in der Jenaischen Litteraturzeitung. Es würde sich um einen Unterschied von 150 bis 200 Jahren handeln, da die Gründung jener Kirchen, so weit sie bekannt ist, in den Anfang des eilften Jahrhunderts, die der Memlebener Kirche in eine noch frühere Zeit fällt, nach der allgemeinern Annahme aber ihr Baustyl auf die zweite Hälfte des zwölften Jahrhunderts hinweiset. Was die Critiker zu der letztern Annahme veranlafste, sind nicht sowohl die Spitzbogen, als die sämmtlichen übrigen Details, namentlich die Lisenen und Bogenfriese, die Eckblätter auf die Basen, die Gesimsprofile, und der Character des Ganzen. Gegentheils wird der Mangel jeder historischen Nachricht von einem spätern Neubau, die Übereinstimmung des Styls bei denjenigen unter den genannten Kirchen, deren Gründung in dieselbe Zeit fällt, und der Mangel historischer Beweise für die von der neuern Critik behaupteten spätere Erscheinung der beschriebenen Details geltend gemacht. In der That ist Einiges, was die letztere betrifft, mehr als zweifelhaft. Von den Lisenen und Bogenfriesen wurde schon oben nachgewiesen, dafs sie ganz im Anfange des eilften Jahrhunderts, wenn auch noch in einer rohen Form, ja möglicherweise selbst noch früher, wie z. B. an der Kirche zu Wester-Gröningen, vorkommen. Die Eckblätter zeigen sich an den Säulen verschiedener Crypten und auch im mittlern Theil der Crypta zu Naumburg, deren hohes Alter auch der Dr. *Kugler*, als der bedeutendste unter den Gegnern, zugiebt. (Wir unsrerseits stellten jedoch oben Bedenken gegen das hohe Alter auf.) Die Gliederungen sind im Wesentlichen, sowohl am Fufs als an den

Kämpfern, die der attischen Base, welche sich am Ende des zwölften Jahrhunderts ziemlich allgemein findet, die aber auch sehr lange constant geblieben ist, mithin auch wohl älter sein könnte. Anderseits weiset die reiche Ausschmückung der Capitäle und die Anordnung des Ganzen bei den meisten der genannten Kirchen entschieden auf die spätere Zeit des romanischen Styls hin; nur wäre es möglich, dafs diese Gebäude in dieser Beziehung ursprünglich anders ausgesehen hätten. Die Wölbung der Schiffe characterisirt sich (mit Ausnahme der Freiburger Kirche, welche besser gar nicht als Beispiel hätte mit aufgeführt werden sollen) offenbar als eine spätere Hinzufügung; die einfachsten und *ältesten* Wölbungen sind die im Naumburger Dom; auch sie sind neuer als die Kirche selbst; was die von aufsen gegen die Mauern des Mittelschiffs über die Abseiten aufgeführten Strebemauern beweisen, deren Steine, obwohl sie stärker von der Witterung angegriffen werden mufsten, durch ihre Farbe sich als bedeutend jünger wie die der Mauern erweisen. Stellen wir uns, zugleich mit den Gewölben, die lothrechten Gurtfortsetzungen, welche sehr leicht vorgeblendet sein können, weggenommen vor, so nehmen auch die Pfeiler eine bei weitem einfachere Gestalt an: gerade eine solche, wie sie in der nicht überwölbten Memlebener Kirche sie haben. Die letztere Kirche hat nun auch zugleich sehr einfache Capitäle und macht, wenn man den Chor mit seinem vieleckigen Schlufs als spätern Anbau betrachtet, schon einen mehr alterthümlichen Eindruck.

Man sieht, dafs zur Entscheidung dieser, wie so mancher andern Streitfrage, noch genauere Untersuchungen und Erörterungen nöthig sein werden; zum Glück aber können wir hier darüber hinweggehn. Ob der Spitzbogen in der christlichen Architektur zu constructionellen Zwecken (also für die Bauwissenschaft, nicht Baukunst) erfunden, oder ob er von aufserhalb eingeführt wurde, und ob dies etwas früher oder später geschah, kann uns ziemlich gleichgültig sein, sobald wir nur die Überzeugung haben, dafs er ästhetisch für die romanische Architektur ohne Bedeutung war, dafs er weder aus dem innern Geiste derselben hervorgegangen war, noch einen wesentlichen Einflufs auf ihren fernern Entwicklungsgang gehabt habe und daher mit den übrigen, aus der arabischen Kunst herübergenommenen Details und mit der theilweis stattgefundenen Wieder-Aufnahme antiker Formen in eine und dieselbe Kategorie gehöre: eine Überzeugung, die wir aus den bisherigen Erörterungen schon gewonnen haben müssen, die sich aber durch die Betrachtung des Spitzbogens in der germanischen Architektur noch mehr befestigen wird.

§. 133.

Fortsetzung. Der deutsch-romanische Baustyl in seiner höchsten Vollendung.

Die letzte Entwicklung des deutsch-romanischen Baustyls, in der Richtung zum germanischen Style hin, und mit gänzlicher Einbürgerung des Spitzbogens, zeigt sich Deutschland, und zwar auch nur in Deutschland, vorzugsweise an zwei Bauwerken, die zugleich weniger als die meisten übrigen an dem Fehler einer unerfreulichen Vermischung der Bau-Arten leiden, vielmehr jenen Styl in seiner reellen Eigenthümlichkeit und consequenten Durchführung vor Augen stellen. Es sind dies der durch *Mollers* Zeichnung bekannt gewordene Dom zu Limburg an der Lahn, und der untere Theil des Chors vom Magdeburger Dom; letzterer ist 1208 oder 1211 zu bauen angefangen, der erstere gehört ohne Zweifel derselben, oder einer wenig frühern Zeit an.

Der *Limburger Dom*, eine auffallend kurze Kreuzkirche, mit nicht weniger als sieben Thürmen, hat im Äufsern ziemlich den Typus der ältern Bauart. Die zwei westlichen Hauptthürme, im Innern mit dem Kirchenraum verbunden, und die vier Thürme vor den Kreuz-Armen, erstere von unten ab neben dem Zwischenbau isolirt, letztere je zwei auf gemeinschaftlichem Unterbau, haben die viereckige Grundform, sind in viele einzelne Geschosse abgetheilt, mit Lisenen und Bogenfriesen einförmig verziert und mit jenen schwerfälligen und ziemlich niedrigen Giebeldächern bedeckt, wie wir sie an den Thürmen der alten Liebfrauenkirche zu Halberstadt fanden, wo von den Giebeln nach der Spitze hin Grade in die Höhe laufen. Der Zwischenbau zwischen den westlichen Thürmen hat ebenfalls ein Giebeldach und in der Mitte eine grofse Rosette. Der siebente, mittelste Thurm über dem Herzen des Kreuzes ist achteckig und mit einem steilen, wahrscheinlich etwas später gebauten pyramidenförmigen Dache von germanischer Construction bedeckt, dessen Giebel über die Mauerfelder hervortreten und mit dem Hauptdache wiederkehren. Im Innern ist der Thurm, seiner ursprünglichen Bedeutung gemäfs, bis oben zu hohl. Rücksichtlich der Öffnungen stimmt der Durchschnitt Bl. VII. der *Moller*schen Zeichnungen mit den äufsern Ansichten des Mittelthurms Bl. VI. und XII. nicht überein. Die Abseiten gehen sehr hoch hinan und um den runden Chorschlufs fort; sie haben hier schon Strebepfeiler, die oben über dem Dache in Strebebogen übergehn und gegen das Mittelschiff und den Chor anstreben; jedoch von der allereinfachsten Form; etwa wie in Maria zum Capitol in Cöln

und in andern rheinischen Kirchen. Mittelschiff, Kreuzarm und Chor werden von den gewöhnlichen Zwerggallerieen umkreiset; doch nehmen sie hier, abweichend von der allgemeinen Anordnungsart, die ganze, nicht bedeutende Höhe der Mauern ein, soweit dieselben über das Abseitendach vortreten, und es sind deshalb die Fenster in der Rückwand der Gallerieen angebracht. Der Unterbau der Kreuzarmthürme hat blofs kleine, rundgeschlossene Öffnungen; die Mauerfelder der Thürme haben grofse, zum Theil reich eingefafste Öffnungen oder Nischen, die fast sämmtlich, wie auch die Bogen der Zwerggallerieen, durch Spitzbogen geschlossen sind. Die Öffnungen sind häufig schon so grofs, dafs sie Stäbe und Durchbrechungen bekamen, deren letztere jedoch noch nach der romanischen Weise plattenartig kleine Durchsichten haben. Auf ähnliche Weise ist die grofse Rosette des Zwischenbaues verziert. Eigenthümlich ist eine niedrige Zwergallerie unter dem Dache der Chor-Abseite herum; sie tritt auf Kragsteinen vor und ist oben nicht mit Bogen, sondern mit dem geraden Gesimse bedeckt. Dagegen hat das dritte Geschofs der westlichen Thürme eine Verzierung, die mehr dem germanischen Geiste gemäfs ist; statt der eigentlichen Bogenfriese (welche letztere sonst überall die Rundbogenform haben) sieht man gröfsere Spitzbogen, welche theils unmittelbar aus den Lisenen entspringen, theils sich auf Rundstäbe stützen, so dafs in jeder Front vier schmale Nischen sind. Reicher und eigenthümlicher gestaltet sich das Innere der Kirche. Sämmtliche Räume, auch der halbrunde Chorschlufs, sind mit Kreuzgewölben überspannt; das Hauptgewölbe über dem Schiff, dem Kreuzarm, dem Chor und hoch oben im mittelsten Thurm hat aufser den breiten, mit Einschnitten und Eckkehlungen verzierten Quergurten, vortretende gegliederte Kreuzgurte; die Abseiten, welche, wie es im Süden längst gebräuchlich war, zwei Geschosse haben, sind, nach der ältern, einfachern Art, überwölbt, und zwar mit so niedrigen Spitzbogen, dafs sie kaum vom Halbkreise abweichen. Dadurch, dafs das Mittelschiff etwa doppelt so breit ist, als die Abseiten, hat dessen Gewölbe nur halb so viel Reihungen oder Abtheilungen, als jedes der Abseitengewölbe, und zwar wegen der geringen Länge des Schiffes ungewöhnlicherweise nur zwei Reihungen. Um dabei das unschickliche Breitenverhältnifs, wie z. B. im Naumburger, im Baseler Dom u. s. w. zu vermeiden und in der Analogie mit der Zahl der untern Öffnungen zu bleiben, hat man die Kappen längs der Fronte jede durch einen halben, den Kreuzgurten gleich gegliederten Quergurt in zwei Kappen getheilt, deren Scheitellinien in schiefen Winkeln zum Schlufs hinlaufen, so dafs über jeder untern Bogen-Öffnung ein

sehr steiler Schildbogen des Gewölbes entsteht, welcher sich hinter den Kreuzgurten halb verbirgt: eine Unregelmäfsigkeit, die der Idee des Kreuzgewölbes entgegen ist, und die man später dadurch zu vermeiden wufste, dafs man den einzelnen Abtheilungen im Gewölbe des Mittelschiffes weniger Länge als Breite gab. Ungeachtet dieser erzwungenen Gleichförmigkeit der Gewölbe und des Grundplanes sind dennoch die Pfeiler unter sich verschieden. Die gröfsern Hauptpfeiler haben, in Folge der starken Quergurte, nach dem Schiffe zu die gewöhnliche Pfeilervorlage mit drei Rundstäben, welche als Gurtfortsetzungen emporlaufen; die schmalen Mittel- oder halben Quergurte dagegen werden von einfachen Rundstäben unterstützt, welche noch dazu nicht bis zum Fufsboden hinuntergehn, sondern in der Höhe des ersten Gurtgesimses auf Kragsteinen stehen; die Pfeiler darunter haben eine ganz schlichte viereckige Form, und eben so einfach ist das Profil der untern Bogen. In dem zweiten Geschofs der Abseiten sind über einem Gurtgesimse eben so viele Bogen-Öffnungen als im untern, eine jede, im Schiffe zweifach, in den Kreuz-Armen und im Chor dreifach, durch Säulen getheilt; die kleinen und die grofsen Bogen haben gegliederte Einfassungen und die mittleren, da wo sie dreifach abgetheilt sind, haben einen geraden Untersatz über der Säule. Über die Hauptbogen zieht sich wieder ein Gurtgesims hin, und darüber ist in der Dicke der Mauer noch eine schmale Gallerie, welche sich nach der Kirche zu durch vierfach aneinandergereihte schlanke Bogen-Öffnungen mit Säulchen dazwischen öffnet. Diese Gallerie steigt bis zum Kämpfer des Hauptgewölbes empor und liegt noch unter dem Pultdach der Abseiten. Die eigentlichen Fenster des Mittelschiffs u. s. w. sind etwas gröfser als gewöhnlich; doch haben sie keine Stöcke und Durchbrechung; sie liegen, je eins, in den Schildbogen der Gewölbe und sind ganz schlicht und mit Rundbogen überwölbt, während alle andern Bogen im Innern die Spitzbogenform haben, die hier jedoch nur sehr niedrig ist und zum Theil nur unmerklich vom Halbkreise abweicht. Die freistehenden, so wie die anliegenden Säulen sind, gleich den Rundstäben, nicht verjüngt; die Base ist überall die attische, zum Theil auf hohem Sockel, und zwar absichtlich da höher, wo die Verkürzung und ein vortretendes Gesims sie verstecken würde; die Capitäle im Innern haben fast ausschliefslich die schlanke Kelchform, mit weit ausladenden, schneckenartigen Kolben; auf den Capitälen liegt das gewöhnliche Kämpfergesims. Die Gurtgesimse haben ein schweres, aus Wulst und Hohlkehle bestehendes Profil.

Es ist sehr interessant, dieses Gebäude, im Süden von Deutschland, mit

dem Chore am Dom zu Magdeburg zu vergleichen. Im Innern ähnlich angeordnet, ist der letztere eigenthümlicher, ausgebildeter und ungleich schöner; was wiederum ein Beweis ist, dafs der Norden, obgleich Anfangs zurückbleibend, doch weiterhin bei der Entwicklung der christlichen Eigenthümlichkeit dem Süden voranging. Der Magdeburger Dom scheint in seiner ganzen Ausdehnung zu einer und derselben Zeit gegründet zu sein. Zwar zeigt sich an dem Längsgebäude schon der germanische Styl, und ihm gemäfs sind die Mauern schwach und haben Strebepfeiler, allein die Fundamente sind für bedeutend stärkere Mauern angelegt, und die Mauer der nördlichen Abseite ist schon beim Beginn des Baues angefangen; denn sie hat bis zur Fensterbrüstung eine sehr grofse Dicke und war nicht für vorspringende Pfeiler bestimmt; die beim Weiterbau der obern schwachen Mauern angelegten Strebepfeiler, welche noch um etwas über die Brüstungsmauern ausladen, hat man durch nachträglich vorgeblendete Quadern unterstützt. Hier kommt es uns nur lediglich auf den untern Theil des Chors und auf die östlichen Nebenthürme bis zur gleichen Höhe an. Der Chor ist nicht mehr rund, sondern fünfseitig geschlossen; es umgiebt ihn in zwei Stockwerken die umlaufende Abseite, die ihrerseits wieder von fünf dreiseitigen, einstöckigen Capellen umgeben ist, welche sich an die rechtwinkligen Vorsprünge der geraden Fortsetzung anschliefsen: eine Anordnung, welche damals neu gewesen zu sein scheint und in Verbindung mit den Nebenthürmen eine Gruppirung hervorbringt, an welcher die Absicht, ein Emporstreben auszudrücken, nicht zu verkennen ist, so sehr dasselbe auch von der überwiegenden Breite und den sehr schwerfälligen Detailbildungen niedergehalten wird. Dabei sind die Details nicht allein reicher, sondern auch vielfach anders als früher gestaltet, und es ist zu bemerken, dafs, ungeachtet des unverkennbaren Bestrebens nach eigenthümlicher, doch wohl dem neuerwachten Geiste entsprechenden Bildung, dennoch statt der beabsichtigten leichtern, häufig noch weit schwerere Formen erzielt wurden.

Das Ganze, einschliefslich der Kreuz-Arme, deren unterer Theil mit dem Übrigen gleich alt ist, hat einen ziemlich hohen Fufs und ein weit bedeutenderes Fufsgesims, als gewöhnlich. Dasselbe besteht vor den Lisenen und Vorsprüngen aus zwei, und in den Nischen aus drei Schichten. Die erste Schicht hat eine Platte und flache Kehle, die zweite hat Platte, Wulst, Plättchen und Kehle, die dritte hat das beliebte Profil der attischen Base. An den Capellen liegt die flache Kehle unter dem attischen Gesims, und beide sind um fast zwei Fufs hinaufgerückt, so dafs der Fufs absatzförmig in die Höhe steigt.

Die östlichen Thürme haben die frühere Bildungs-Art, mit Lisenen und Bogenfriesen in den einzelnen Stockwerken, jedoch ist das zweite Stockwerk des südlichen Thurmes glatt. Die Lisenen springen aber sehr bedeutend vor, weshalb die Bogen des Frieses mit Kragsteinen unterstützt und mit kleinen Bogen im halben Vorsprunge ausgefüllt sind. Im zweiten Stockwerk haben die Lisenen eine Eckgliederung, aus Rundstab und zwei Hohlkehlen bestehend; statt der Friesbogen finden sich schwer herabhängende Tropfen oder Zapfen, welche dadurch, dafs die Eckgliederung um sie herum fortläuft, noch schwerer werden. Das dritte Stockwerk ist auf gleiche Weise angeordnet, hat jedoch noch sonderbarer gestaltete Tropfen und darüber noch einen durchlaufenden, flach vortretenden Bogenfries von der Spitzbogenform, mit Auskehlung, und auf eigenthümlichen, steifen, ganz überflüssigen Kragsteinen stehend. Dieser Fries und das leicht profilirte Gesims gehören schon einer etwas spätern Bauperiode an. Die in den Mauerfeldern der Thürme angebrachten kleinen Öffnungen haben theilweise noch die alte kurze und einfache Form mit Rundbogen; zum Theil sind sie jedoch schon sehr schlank, mit Kleeblatt- und Spitzbogen überwölbt und mit einer zierlicheren Profilirung eingefafst. Die zwei hierher gehörigen untern Gurtgesimse der Thürme, deren unteres, auf der Südseite, schon mit leichterem Profil an den Vorsprüngen der geraden Seite bis zu den Capellen, das obere um die ganze Chor-Abseite fortläuft, sind hoch, laden weit aus und haben eine ziemlich steile, unter einem halb-rechten Winkel anlaufende Abdachungsfläche. Das Profil des untern Gesimses besteht an der Nordseite aus Platte, Rundstab, tiefer Hohlkehle und Rundstab von sehr kräftiger Form. Das obere Gesims ist aus Verdachung, Obergesims und Untergesims zusammengesetzt; die Verdachung hat eine unterschnittene, geschmiegte Platte, das Obergesims eine lothrechte Platte, Wulst, Kehle und Wulst, aber ohne Zwischenplättchen, und ist so flach, dafs man eigentlich nur eine wenig aus- und eingebogene Wellenlinie sieht; das Untergesims ist der schon früher gedachte riesenmäfsige Eierstab mit steifen Acanthusblättern statt der Eier.

Die Capellen um den Schlufs der Chor-Abseite sind nach dem halben Achteck, jedoch nicht regelmäfsig, sondern so angelegt, dafs nur drei Seiten voll sind, zwei aber nur ganz kurze Ansätze bilden. An jeder der zwei Seitenfronten sieht man eine, an der mittlern Front zwei in einander geschobene breite Bogennischen und ein kleines Fenster; dem ähnlich ist der Vorsprung des zweiten Theils des Chors an den Kreuz-Armen verziert. Die in Einschnitten angebrachten dünnen Rundstäbchen haben, als Vorläufer spä-

terer Constructionen, weder Base noch Capitäl, und laufen ununterbrochen im Bogen fort; dasselbe gilt von den halben Rundstäben, welche, auf die stumpfen Winkel der zwei breiten Schmiegen gesetzt, die Fenster-Einfassung bilden. Oben tritt das Mauerwerk, von einem weiten Bogen getragen, um 8 Zoll vor, und bildet die eigentliche Mauerflucht. Diese Bogen spannen sich an die Ecken nahe zusammen und werden von freistehenden, verjüngten, an den vier Ecken einer jeden Capelle sich anlehnenden Säulen mit verzierten Würfelcapitälen unterstützt. Unter dem Dachgesimse läuft ein stark ausladender Rundbogenfries, der mit einer reichen Gliederung eingefafst ist, rings herum. Das Gesims besteht aus einer geschmiegten, stark unterschnittenen Platte und aus Einziehung, Rundstab, Plättchen, Kehle und Rundstab, alles ziemlich flach. Die flachen Walmdächer der Capellen waren ursprünglich aus Quadern gemacht.

Dies zweite Stockwerk der Chor-Abseite hat, nicht gleich dem ersten und den Capellen, Lisenen noch auf dem Bogenfriese, sondern blofs das beschriebene schwerfällige Gesims, hier mit sehr hoher Abdachung und mit grofsen Wasser-Ausgüssen in mancherlei Thiergestalten. Die fünf Seiten des Chorschlusses sind schon mit Strebepfeilern verstärkt, welche auf den Capellendächern stehn; sie geben aber noch nicht den richtigen Character zu erkennen, indem sie statt eines anstrebenden Schlusses eine sattelförmige Verdachung haben, welche bis unter das Gesims reicht, auch nicht an den stumpfen Ecken angebracht sind. Jede Seite hat drei Pfeiler, einen in der Mitte, zwei nahe an den Ecken. In jedem der schmalen Felder zwischen den Pfeilern ist ein Fenster, dessen Einfassung aus Schmiege und breitem Einschnitt besteht; in letzterem ist ein verhältnifsmäfsig starker Rundstab mit (nicht attischer) Base, in der Mitte mit einem Ringe um den Schaft und mit dem gewöhnlichen Kelch-Capitäl mit stark vortretenden Kolben, darüber mit einem schweren Kämpfergesimse, bestehend aus einer tiefen Einziehung zwischen zwei Rundstäben. Der obere, bedeutend dickere Stab hat schon die gedrückte Form, die dem spätern Spitzstabe sich nähert; der Bogen hat statt des Rundstabes eine schwerfällige Gliederung. Die geraden Theile des Chors haben keine Strebepfeiler; jeder hat zwei Fenster nebeneinander. Die Fenster sind sämmtlich nicht grofs und haben keine Stöcke und Durchbrechungen. Sie sind, wie fast alle übrigen Öffnungen und Nischen, mit niedrigen Spitzbogen geschlossen. Das Dach der Chor-Abseite, aus Quadern, ist ganz flach; hinter dem Gesimse läuft eine Rinne herum, aus welcher der Regen durch die oben gedachten Ausgüsse abfliefst. Eigenthümlich ist die Krönung des Gesimses. Auf den fünf Schlufs-

seiten stehen grofse, aus Steinplatten gehauene kreuzförmige Blumen, in der Ansicht nach vorn mit flachen Reliefs von verschiedenartiger Bildung; die zwei Vorsprünge der geraden Fortsetzung des Chors sind durch würfelförmige Aufsätze mit Fufs- und Deckgesims, Eckgliederung, und radähnlich durchbrochene Rosetten ausgezeichnet, auf und zwischen welchen blumenförmige Verzierungen, ebenfalls aus Steinplatten, mit flachen Reliefs, angebracht sind.

Im Innern sind die glatten Mauern unten mit weiten Bogen-Öffnungen durchbrochen; die zwei langen geraden Fortsetzungen jede mit zwei, die fünf Schlufsseiten jede mit einer Öffnung, doch so, dafs die Pfeiler dazwischen sich mehr als die stehngebliebenen Mauertheile markiren. Letztere sind einfach, mit vollen Ecken und mit dicken Dreiviertel-Rundstäben profilirt; die Basen sind attisch, die Capitäle, um den ganzen Pfeiler fortgesetzt, haben die Würfelform, und sind reich, mitunter kühn, mit Arabesken und Grotesken verziert. Auf dem Capitäle liegt das gewöhnliche Kämpfergesims; Capitäl und Gesims haben ein roh in der Mauerflucht abgeschnittenes Profil. Die Bogen sind mit Einschnitten und einfach ausgekehlten Ecken eingefafst, die schmalern sind mittels lothrechter Fortsetzung bis zur Höhe der breitern (wie häufig bei den Arabern, überhöhet) emporgeführt. In den sechs stumpfen Ecken springen die Gurtfortsetzungen vor; die ersten beiden unter dem Quergurt sind breit, und reich mit Eck- und Rundstäben profilirt und laufen mit gleichem Profil empor; die vier andern sind eben so reich gruppirt, aber zierlicher und reichen nur bis etwas über die Kämpfer empor, wo sie eine hohe und schwere Umgürtung haben, welche der untern Rundstabgruppe zum Capitäl, der nun folgenden Säule aber zur Base dient. Die von hier ab emporsteigenden und bis zum Gesimse des ersten Stockwerks reichenden verjüngten Säulenschäfte sind aus polirtem Granit gemacht und scheinen Überbleibsel vom alten Dome zu sein; wie es bereits oben bemerkt wurde; die Capitäle sind den corinthischen aus Sandstein ungeschickt nachgebildet. Unter dem Gesimse des ersten Stockwerks, welches um alle Gurtfortsetzungen herumgekröpft ist, so wie über den untern Bogen, ist ein ziemlich hoher Raum, in welchem ganz kleine Reliefs angebracht sind; in den fünf Schlufsseiten befinden sich kleine quadratische Öffnungen, welche früher durch Klappen verschlossen gewesen sind und zu kleinen, in der Hintermaurung der untern Abseitengewölbe angebrachten Kammern führen. Die Öffnungen liegen in einer Nische, die mit ganz kurzen Zwergsäulen eingefafst und mit einem gegliederten Kleeblattbogen geschlossen ist; an jeder Seite dieser Nische ist eine andere schmale Nische mit halb-

rundem Schlufs, besetzt mit den Bildsäulen einer der thörichten oder einer der klugen Jungfrauen.

Das zweite Stockwerk hat, nach einer noch vorhandenen Säulenbase zu schliefsen, dieselbe Einrichtung wie das untere bekommen sollen; man ist aber während des Baues davon abgewichen und hat, mit Ausnahme der drei mittleren, über jeden untern Bogen zwei schmalere Bogen-Öffnungen zur Verbindung mit der obern Abseite gemacht. Diese Bogen-Öffnungen sind in der Einfassung den ihnen gegenüberstehenden äufsern Fenster-Öffnungen ganz ähnlich gebildet. Vor den Pfeilern im Schlusse stehen, die Rundstäbe als Gurtforsetzungen unterbrechend, sechs Bildsäulen, von welchen die drei auf der nördlichen Seite den Styl der Bauzeit, die drei andern aber, die beiden ersten Ottonen und Johannes den Täufer vorstellend, ein weit alterthümlicheres Gepräge haben und ohne Zweifel bei dem Brande des alten Dom 1507 gerettet sind. Diese sämmtlichen Bildsäulen waren bunt bemalt und haben niedrige, ringartige und schwerfällige Baldachinen über sich, während ihre Füfse in der üblichen Weise auf kleinen, niedergekrümmten Figuren stehen. Bemerkenswerth ist noch, dafs die Ringe der Rundstabschäfte um den ganzen Pfeiler herumgehen und dafs die drei mittleren Öffnungen im Bogen nicht das gekehlte Profil der übrigen haben, vielmehr hier der untere Rundstab fortgesetzt ist; oben in der Spitze ist dieser Rundstab mit einem Ringe umfafst und der mittelste mit Blattwerk verziert. Das Gesims dieses Stockwerks schliefst den *ältern* Theil des Baues, und es ist noch zu bemerken, dafs dicht über demselben durchbrochene Rosetten angebracht sind, welche einem in der Hintermaurung der obern Abseitengewölbe ausgesparten Gange, in welchem man aber nicht aufrecht stehen kann, einiges Licht geben.

Die Architektur der Abseiten ist der des Chors ganz ähnlich, und es ist hier nur noch der Gewölbe zu gedenken. Die untere Abseite hat ein einfaches Kreuzgewölbe ohne vortretende Kreuzgurte, jedoch dessenungeachtet herabhängende Schlufssteine. Merkwürdiger sind die Gewölbe der obern Abseite. Hier sieht man vortretende Kreuzgurte, jedoch von sehr schweren Profilen. Mit der eigentlichen Structur der Kreuzgewölbe scheint man noch nicht ganz vertraut gewesen zu sein; denn nicht allein, dafs man halbe Zwischenquergurte wie beim Limburger Dom gemacht hat, wufste man sich auch bei den trapezförmigen Schlufs-Abtheilungen nicht zu helfen; die Kreuzgurte bilden Halbkreise und laufen von einer Ecke zur andern in gerader Projection fort, so dafs sie sich nicht im höchsten Punct der Bogen durchkreuzen und die

wirklichen Schlufssteine nicht im Durchkreuzungspuncte sich befinden. An den Abseitengewölben sieht man übrigens überall den Halbkreis; fast alle andern Bogen, auch die innern, sind niedrige Spitzbogen.

Die fünf kleinen Capellen sind durch weite Bogen-Öffnungen mit dem Chor-Umgange verbunden. Sie sind im Innern unter den Fenstern rund, oben dreiseitig und haben in den vier Ecken Rundstäbe oder unverjüngte Säulen zu Gurtträgern. Die Gewölbe steigen stark an; sie sind der halben Kuppelform sich nähernde Kreuzgewölbe mit vortretenden Gurten; die Stirngurte sind blofse Rundstäbchen; die vier Kreuzgurte, von denen zwei nahe an den Mauerbogen hinlaufen, haben das zierliche Profil eines Rundstabes mit zwei Hohlkehlen. Der Schlufs liegt frei, jedoch nahe am Mauerbogen; und zwar laufen die Gurte nach einer tief und frei herabhängenden Blume hin zusammen: eine Form, welche in der germanischen Architektur erst sehr spät vorkommt und hier als der arabischen Architektur entlehnt anzusehen ist.

Wir haben uns bei der Beschreibung des Magdeburger Doms deshalb etwas lange aufgehalten, weil derselbe die Art des Überganges aus dem romanischen in den germanischen Styl so deutlich wie vielleicht kein anderes Gebäude zeigt, und weil gerade wegen dieses Überganges noch ziemlich allgemeine Ansichten herrschen, die das richtige Verständnifs des germanischen Styls verhindern. Wir werden später auf diesen Umstand zurückkommen. Hier nur noch Folgendes.

Unverkennbar zeigt sich, sowohl an dem Limburger Dom, als noch mehr an dem Chor des Magdeburger Doms, ein Bestreben nach einer eigenthümlichen, von der frühern abweichenden Bildung: ein Streben, den Geist des Christenthums in der Baukunst reiner und deutlicher als bisher auszusprechen; aber im Allgemeinen war der Erfolg nicht günstig. Man hatte zwar bei weitem in der Mehrzahl reichere und kräftigere Formen geschaffen, aber sie waren auch zugleich noch schwerer als die ältern, und versteckten eher Das, was man aussprechen wollte, als dafs sie es deutlicher zeigten; und wenn auch das Letztere hin und wieder, namentlich in der Gruppirung des Magdeburger Chors gelang, so traten doch wieder alle andern Formen, und hauptsächlich die schweren Details, damit in Widerspruch, so dafs auch hier Das, was auf der einen Seite gewonnen wurde, auf der andern, d. h. in der Einheit des Styls, wieder verloren ging.

C. Die romanisch-christliche Baukunst der Normannen *).

§. 134.

Baukunst in Norwegen.

Die Normannen, nach Abstammung, Character und Religion den alten Sachsen nahe verwandt, haben noch kräftiger als diese, obwohl weniger lange, auf die Entwicklung christlicher Bildung eingewirkt; ganz wie die geringe Verschiedenheit der Verhältnisse es bedingen mufste. Im hohen Norden, mit römischer Gesittung fast noch weniger als die Germanen im nördlichen Deutschland bekannt geworden, kamen sie mit dieser Gesittung, oder vielmehr erst mit romanischer Bildung, nur in flüchtige wiewohl mannigfache Berührung, durch die Raubzüge unter ihren Seekönigen, welche sie nach England, Frankreich und weiter bis nach Italien und Griechenland ausdehnten. Ein solches Treiben war ganz geeignet, die Geisteskräfte zu wecken und zu stählen und das Volk, zumal bei der ihm angebornen romantischen Richtung, ebensowohl für die Aufnahme fremder Ideen empfänglich, als für die Entwicklung einer neuen Cultur fähig zu machen, während es ihm andrerseits an der ruhigen Besonnenheit und festen Beharrlichkeit fehlen mufste, ohne welche ein consequentes Fortschreiten auf der einmal eingeschlagenen Bahn und die endliche Erreichung eines fernen Zieles nicht möglich ist. So sehen wir denn die Normannen, nachdem sie im Jahre 911 unter Rollo sich den Besitz der Normandie erkämpft hatten, in den Kreis der christlichen Völker eintreten, die dort herrschende romanische Bau-Art annehmen, sie bei der Wieder-Erbauung der früher von ihnen selbst zerstörten zahlreichen Kirchen anwenden und sie auf eine eigenthümliche Weise, abweichend von der im übrigen Frankreich, doch nahe verwandt der deutsch-romanischen Bau-Art, ausbilden. Wir sehen sie seit 1026 in Calabrien festen Fufs fassen und mit byzantinischer Kunst näher bekannt werden. Von hier nach Sicilien übergehend, haben sie 1060 dessen Eroberung vollendet, lernen nun die arabische (hier auf byzan-

---

*) Bei den frühern Überschriften hat sich ein Irrthum eingeschlichen. Es mufs heifsen:

Fünfter Abschnitt.
Die IV. Periode der Baukunst.

Bd. 18. S. 129. I. Die romanisch-christliche Baukunst.
Bd. 18. S. 133. *A.* Die romanische Baukunst in den alten Culturländern Griechenland und Italien.

tinische Elemente gegründete) Baukunst kennen und wenden sie bald auf Prachtbaue an. Wir sehen endlich die Normannen seit 1066, als glückliche Eroberer Englands zu neuer Thatkraft geweckt, ihren, aus verschiedenen, doch nicht gerade heterogenen Elementen gemischten Baustyl zu einem eigenthümlichen, noch jetzt in England nicht ganz aus der Praxis verschwundenen Styl mit Glück ausbilden. Es ist nicht zu leugnen, dafs unter allen romanischen Baustylen der normännische die meiste Geltung in Anspruch nimmt. Dafs solch' ein Erfolg möglich war, dafs unter so verschiedenartigen Einflüssen die normannische Baukunst sich nicht in Verwirrung auflösete, lag theilweise wohl in den günstigen äufsern Verhältnissen, hauptsächlich aber in der festen Grundlage des Volks-Characters, und es ist deshalb die Frage nach der ursprünglichen, heimathlichen Bau-Art der Normannen besonders wichtig.

Was wir bei unsern Voreltern vergeblich suchen: deutliche Kennzeichen der vorchristlichen germanischen Bau-Art: das hat uns Norwegen in jenen alten, ganz aus Holz gebauten Kirchen aufbewahrt, von welchen einige (die zu Borgund, Urnes, Hittodal etc.) in neuerer Zeit durch Zeichnungen bekannt geworden sind. Diese Gebäude selbst gehören zwar natürlich nicht den vorchristlichen Zeiten, und schwerlich auch nur der ersten Zeit des Christenthums in Norwegen (seit 950) an: sie zeigen jedoch noch deutliche Reminiscenzen an eine urthümliche Bau-Art, durch welche sie für die Kunstgeschichte überaus wichtig werden. Es sind Säulen-Basiliken mit halbrund geschlossenem, durch eine Bretterwand abgesondertem Chor, mit erhöhtem Mittelschiff, dessen Bretterdecke die Form eines Tonnengewölbes hat, mit kleinem Mittelthürmchen und mit halboffenen, umlaufenden Hallen. So bauen sie sich, in mannigfacher Abstufung, keck und luftig zu fast thurmartigen Gebäuden empor. Läfst sich auch hier in der Anlage der durch die häufige Verbindung mit Rufsland und Constantinopel sehr erklärliche byzantinische Einflufs nicht verkennen, so trägt doch die Behandlung im Einzelnen ganz den Character des Urthümlichen; und zwar auf eine Weise, dafs der Beschauer dabei an das Germanenthum und dessen mythologische Überlieferungen lebhaft erinnert wird. An eine aus der Beschaffenheit des Materials und aus den dadurch bedingten statischen Constructionsgesetzten consequent entwickelte Holz-Architektur, wie sie z. B. aus dem spätern Mittel-Alter in manchen Gegenden Deutschlands und an andern Orten vorkommt, darf man dabei nicht denken. Man könnte glauben, dafs dies nur durch die Anwendung der aus dem Steinbau der byzantinischen Kunst herübergenommenen Formen (Säulen mit Würfel-Capitälen, Wölbungen u. s. w.)

verhindert worden sei: es ist aber die Mifsachtung der statischen Formenbedeutung mehr noch in der behaupteten Urthümlichkeit gegründet, insofern der noch kindliche Geist eines Volks schon früh nach Verschönerung strebt, während die Construction und Alles was der Wissenschaft angehört noch lange roh und unvollkommen zu bleiben und erst bei reiferer Ausbildung die Formen einen bestimmten, absichtlichen, zumal aber einen dem Zweck der Construction entsprechenden Ausdruck anzunehmen pflegen. Indessen kann sich sehr wohl schon bei den frühesten Versuchen von Ausschmückung der Gebäude ein Talent für architektonische Formenbildung geltend machen; und so war es bei den Normannen.

Die Verzierungen, mit welchen die normannischen Kirchen überreich und bis zu den Krönungen der Giebel und Erker und Thürmchen bedeckt sich zeigen, sind bei aller phantastischen Willkür dennoch von sehr einfacher Art; es sind, neben grotesken Sculpturen, grofsentheils Linien-Ornamente von verschiedenartigen Formen und Verschlingungen, die zwar keine specielle statische, aber doch eine allgemeine architektonische Bedeutung haben, oder doch mindestens derselben fähig sind. Dabei läfst sich ein frischer, lebendiger Sinn für Raum-Ausfüllung und architektonische Anordnung, welcher den künftigen glücklichen Erfolg im Voraus verkündet, nicht verkennen. Was uns aber noch bestimmter bewegen mufs, diese Verzierungs-Art, die dem Geiste der romanischen Architektur, als Nachklang der römischen, nicht entspricht, für ein germanisches Element zu halten, ist einmal die characteristische Ähnlichkeit, welche sich darin mit den alten angelsächsischen Miniaturen zeigt, dann aber der Umstand, dafs ein ganz ähnliches und bei weitem mehr ausgebildetes Princip in der germanischen Architektur hervortritt; worauf wir später zurückkommen werden.

Das Aufsuchen des urthümlichen und alt-germanischen Elements in der Architektur jener wunderbaren alten, jedoch schwerlich vor dem 12ten Jahrhundert und vielleicht sogar noch später entstandenen Kirchen ist es, was wir beabsichtigten. Eine weitere Fortbildung dieses Elements war weder in dem culturarmen Norwegen zu erwarten, noch wäre es auf dem dort eingeschlagenen Wege wünschenswerth gewesen: denn nicht eine alt-germanische, sondern eine christliche Cultur und Baukunst sollte aufblühen. So sehen wir denn auch schon an den wenigen uns bekannten Beispielen jenes Element allmälig verschwinden. Die Kirche zu Urner, welche wir überhaupt, als wahrscheinlich die älteste, hier oben vorzugsweise im Auge hatten, trägt in ihrem reichen

Schnitzwerk jenen alterthümlichen Character am reinsten; an der Kirche zu Borgund läfst sich schon eine Umbildung in eine eigentlich romanische Art wahrnehmen, und die Kirche zu Hittodal zeigt den romanischen Geist überwiegend, und zwar auf wenig erfreuliche Weise.

§. 135.

Baukunst in der Normandie bis zum Anfange des zwölften Jahrhunderts.

Die Normannen waren, als sie in Folge der Belehnung ihres Anführers Rollo mit Neustrien in Frankreich festen Fufs faſsten, keineswegs mit der damaligen romanischen Bau-Art jenes Landes unbekannt; sie hatten schon seit Jahrhunderten häufige Raubzüge dahin unternommen und hatten zahlreiche Bauwerke, besonders Kirchen, zerstört; sie traten jetzt plötzlich zum Christenthum über und kamen also aus der bisherigen feindlichen in eine freundliche Beziehung zum Lande; daraus ist leicht erklärlich, weshalb sie ihre heimathliche Holz-Bauart verliefsen und bei Kirchen und Burgen, die damals hauptsächlich in Betracht kamen, den Steinbau und den romanischen Baustyl annahmen. Wie aber kam es, dafs die ältern normannischen Kirchen in Grund-Anlage und Verzierung so wesentlich von den damaligen Kirchen in Frankreich abwichen und dagegen so nahe mit denen Deutschlands übereinstimmten?

So weit es uns bekannt geworden, war schon um jene Zeit von den französischen Baumeistern eine verhältnifsmäfsige Überladung mit grotesken und und nichts weniger als lobenswerthen Zierrathen eingeführt, die in späterer Zeit so weit ging, dafs z. B. die Mittelstöcke der Doppelthüren von oben bis unten aus lauter Ungeheuern zusammengesetzt wurden. Dem nun tritt die Baukunst der Normannen mit der strengsten Einfachheit entgegen. Will man die Ungeschicklichkeit der frühern normannischen Baumeister als Ursach hiervon ansehen, so ist doch zu erwägen, dafs grade die frühern normannischen Baue in ihrer edlen Einfachheit und mit ihren grofsartigen Verhältnissen einen erhebenden Eindruck machen, welcher durchaus nicht von Ungeschick des Baumeisters zeugt; auch finden sich bald nachher kühne Constructionen, die eine gute Durchbildung des Baumeisters verkündigen; gleichwohl bleiben die Verzierungen mäfsig. Es standen endlich den Normannen, welche allerdings noch wenig civilisirt waren, die französischen Baumeister zu Gebote, so dafs der verständige Sinn des Volks als die Haupt-Ursach der neuen Bau-Art anzu-

sehen sein möchte. Wir wollen die noch vorhandenen Überbleisel etwas näher betrachten.

Im Allgemeinen sind die gröfsern Kirchen als Kreuzkirchen mit erhöhtem Mittelschiff und zweistöckigen Abseiten und mit rundem Chorschlufs angelegt; sie haben in der Regel zwei westliche Thürme, deren Zwischenbau mit dem Innern der Kirche unmittelbar verbunden ist. Aufserdem ziert die Kirchen, auch oft die kleinern, welche indefs nicht selten ohne Abseiten und Querschiff sind, ein bedeutender Mittelthurm über der Kreuzesvierung. Während uns hier im Wesentlichen die Anlage der ältern sächsischen Kirchen entgegentritt, werden wir auch in der Behandlung der Einzelnheiten häufig an diese erinnert.

Die Ruine der Abteikirche zu Jumièges, (1097 geweiht) ist eine jener Kirchen, welche lebhaft an die unseres Vaterlandes erinnern; sie war überwölbt und es bestehen die Gurtfortsetzungen von Wänden und Pfeilern wie bei uns aus vorgesetzten, ziemlich starken Rundstäben mit Kelch-Capitälen; die noch vorhandenen Abseitengewölbe sind Kreuzgewölbe ohne vortretende Kreuzgurte; die Quergurte haben den einfachen rechtwinkligen Querschnitt; ebenso die Mauerbogen, nur noch mit ebenfalls rechtwinkligen Einschnitten. Vor den starken viereckigen Hauptpfeilern stehen stirnwärts und nach den Abseiten hin mächtige unverjüngte Dreiviertelsäulen; eben solche gegenüber an den Abseitenmauern, mit kleineren Seiten-Rundstäben für die Kreuzgurte; die Bögen zwischen Schiff und Abseiten sind in jeder Abtheilung des Hauptschiffs, den Abseitengewölben analog, doppelt und ruhen in der Mitte auf einer vollen Säule; alle diese Säulen haben ganz einfache Würfelcapitäle. Die Gallerie über den Abseiten (Triforium) öffnet sich nach dem Schiffe hin mit eben solchen Bogen, jedoch ohne Säulen, deren Stelle hier einfache Pfeiler vertreten; darüber, im erhöheten Mittelschiffe, sind die gewöhnlichen kleinen Fenster. Die Capitäle sind glatt, aber mit einer rohen Nachbildung von Blättern bemalt. In der Westseite öffnet sich nach der Kirche hin über der Thür ein weiter und hoher Bogen. Die Thürme sind oben achteckig, mit rundbogigen, zum Theil getheilten Öffnungen.

Denselben Character edler Einfachheit, obwohl mit etwas mehr Verzierung, hat die Kirche des heiligen Georg zu Bocherville. Die Bogen des Schiffs ruhen wieder auf Pfeilern mit vortretenden dicken Rundstäben; die Wölbung des Chors scheint alt; die des Schiffes jünger; die Kreuz-Arme sind von der mittlern Vierung durch je zwei Bogen, welche in der Mitte auf

einer starken Säule ruhen, getrennt. Im Innern ist alles glatt; jedoch sind die Capitäle mit Blätterwerk und einigen rohen Figuren geziert. Aufsen unter der Dachtraufe läuft ein Bogenfries hin; die Fenster sind breit und mit kleinen Säulen und Gliederungen eingefafst. Die Kirche ist unter Wilhelm dem Eroberer (um 1060) gebaut; das Portal in der Westfronte, mit verschiedenen profilirten Gliederungen und kleinen Pfeilern, mit rohen Bildwerken an den Capitälen, mag vielleicht etwas später (1114), vielleicht aber auch gleichzeitig mit der Kirche gebaut sein.

Auch die Kirche S. Paul bei Rouen soll alt sein. Sie hat, wie einige deutsche Kirchen am Rhein, einen dreifachen halbrunden Schlufs, indem die Kreuz-Arme ebenso wie der Chor geschlossen sind; die Balkenköpfe nahe an der Traufe sind mit Menschenköpfen geziert; was einem hohen Alter zu widersprechen scheint.

Eins der wichtigsten Gebäude ist die Kirche S. Etienne zu Caen. Sie ist ebenfalls eine überwölbte Kreuzkirche, von edler Einfachheit, mit Pfeilern, Halbsäulen, und schon mit gegliederten Bogen. Bemerkenswerth ist, dafs, abweichend von fast allen gewölbten romanischen Kirchen, die nahestehenden Pfeiler alle gleich grofs sind; die an ihnen hinauflaufenden Gurtträger aber bestehen abwechselnd aus einem einzelnen Rundstabe und aus einem desgleichen mit zwei Pfeiler-Ecken, so dafs das Kreuzgewölbe des Mittelschiffs eben so viele Atheilungen haben mufs, wie die Abseitengewölbe; welche letztere übrigens mit gegliederten, gegen die Pfeiler und Rundstäbe ohne Capitäle und Kämpfer einschneidenden Rippen auf eine sehr späte Entstehungszeit deuten. Die Bogen sind bereits gegliedert und die Capitäle sind eine Nachbildung der römischen. Nach Osten befinden sich, wie es auch häufig in Deutschland angetroffen wird, drei Tribunen: eine als Chorschlufs, zwei am Ende der Abseiten. Zeigt sich auch hier schon im Ganzen eine ausgebildete Architektur, so ist doch die Westfronte noch ganz einfach und fast ärmlich Die Kirche ist bekanntlich von Wilhelm dem Eroberer erbaut.

Eine zweite Kirche in Caen, von der Gemahlin Wilhelms erbaut, ist noch interessanter; es ist die Kirche S. Trinité (1066). Obwohl gleich alt mit der vorigen, ist sie doch bei weitem reicher geschmückt; die Architektur kann indessen kaum in gleichem Grade edel genannt werden. Die Bogen nach den Abseiten sind, statt mit Gliederungen, mit einem à la Grecque-Zug eingefafst; darüber zieht sich, von zwei wulstartigen verzierten Bandgesimsen begränzt, und zwischen den Rundstäben der Gurtfortsetzungen eine Reihe nie-

driger rund geschlossener Blenden hin, deren Bogen nicht wie gewöhnlich auf Säulen ruhen, sondern mit ihrer Gliederung unterwärts ununterbrochen lothrecht fortgehen, so dafs (ein Anklang an den spätern germanischen Styl und zugleich an die arabischen Baue in Sicilien) die Blenden durch nicht breite gegliederte Pfeiler getrennt werden, welche ohne Kämpfer unmittelbar in die Bogen übergehn. Noch eigenthümlicher ist die gangartige Gallerie darüber, an der Stelle des zweiten Stockwerks der Abseiten; sie ist in die starke Mauer eingelegt und zieht sich hinter die Gurtfortsetzungen und hinter kleine Zwergsäulen hin, welche mittels kleiner Rundbogen den obern stärkern Mauertheil tragen, so dafs die mittlere und breitere Säulenweite ohne Bogen in das Fenster übergeht; die kleinen Bogen haben eine zickzackförmige Einfassung. Die untern starken und halbsäulenartigen Rundstäbe haben römische Capitäle; die Capitäle der Gurtfortsetzungen und Zwergsäulen sind verzierte Würfelcapitäle mit Blattwerk, von der Art, welche oben unter der Kämpfergliederung einen niedrigen Würfel zeigt und darunter conisch in den Stamm sich zurückzieht. Die Gewölbe der Abseiten haben keine Rippen; die des Mittelschiffes haben gegliederte Kreuz- und Quergurte von gleichem Profil. Wie gewöhnlich befinden sich unter jeder Gewölbvierung des Mittelschiffes zwei Abseitenbogen und es laufen vor den Mittelpfeilern Rundstäbe hin, zwischen welche ebenfalls Quergurte herübergespannt sind, auf denen dünne lothrechte Scheiben zur Ausfüllung der Zwickel bis zum Scheitel der Kappen gezogen sind: ein Beweis, dafs man das Wesentliche in der Construction der Kreuzgewölbe noch nicht kannte. Die Rundstäbe der Hauptquergurte haben dünnere Rundstäbe zur Unterstützung der Kreuzgurte neben sich, die aber nicht heruntergehen, sondern auf Consolen ruhen, wie die Capitäle über Eck gestellt sind, und um welche die Bandgesimse der Mauer ringartig herumlaufen: alles Anordnungen, welche in Deutschland erst im 12ten Jahrhundert gewöhnlich waren. Die Bogen, auf welchen der Mittelthurm steht, sind reich mit Vierblattschnüren verziert; in der halbrunden Chor-Nische sind zwei Säulenreihen (Rundstäbe) übereinander angebracht; die Fenster sind hier mit mehreren Gliederungen eingefafst. Unter dem Hohen-Chore befindet sich eine geräumige Crypta.

Noch eine dritte Kirche in Caen ist anzumerken: die des heiligen Nicolas, welche 1080 im Bau begriffen war. Sie hat ebenfalls Pfeiler mit Rundstäben und mit Laubwerkcapitälen; die Abseiten haben einfache Kappengewölbe, die Chor-Nische hat hinauflaufende Rundstäbe; das Dachgesims besteht aus einer doppelten Gliederung, mit gleichförmigen Balkenköpfen.

In der Nachbarschaft von Caen sollen sich ebenfalls mehrere merkwürdige alt-normannische Kirchen befinden; häufig mit geradem Chorschlufs, wie es später in England gewöhnlich wurde, im übrigen Frankreich aber fast gar nicht angetroffen wird. Es ist hier indefs auf den Umstand hinzuweisen, dafs in Deutschland bei kleinern Dorfkirchen der ältere Baustyl um mindestens ein Jahrhundert zurück war. Ähnliches dürfte wohl auch hier Statt gefunden haben. Der Mangel der Tribune ist gerade kein Zeichen von hohem Alterthum; und so könnten diese gerade geschlossenen Kirchen wohl jünger sein, während der dabei angewandte Styl auf eine frühere Bauzeit deutet.

An der alt-normännischen Kirche zu Annisy sind die sehr kleinen Fenster und der Heringsgrätenbau ihrer Mauern interessant.

An der Kirche zu Octeville soll sich ein merkwürdiger achteckiger Thurm befinden. Mehr noch als die achteckige Form aber möchte ein kegelförmig zulaufender Thurm an einem alten Gerichtshause bei Le-Ham auf ein hohes Alter deuten. Die Kirche an dem eben genannten Orte bewahrt, wie hier beiläufig bemerkt werden mag, eine grofse Merkwürdigkeit, die aus einer benachbarten alten Capelle hierhergebracht wurde, nämlich eine Marmorplatte von einem alten Altar, auf der Kante mit einer römischen Inschrift aus der Zeit Theodorichs.

Die Capelle S. Croix bei S. Lo, ursprünglich von Carl. d. Gr. gestiftet, scheint aus dem 11ten Jahrhundert zu stammen. Die Rundbogen werden hier ausnahmsweise von Säulen mit rohen römischen Capitälen getragen; auf der Südseite zeigen sich unter dem Dache statt des Gesimses eine Reihe Steinblöcke, ähnlich denen, wie man sie auch häufig an alten deutschen Kirchen findet; an der Nordseite dagegen hat das Gesims wohlausgeführte normannische Verzierungen.

Eine der Kirche S. Etienne zu Caen sehr ähnliche Kirche ist die zu Cerily. Sie ist eine Kreuzkirche mit zweistöckigen Abseiten, Tribunen und Mittelthurm. Ausnahmsweise war die Kirche nicht überwölbt, sondern hatte eine hölzerne Decke. An den Capitälen findet sich Blätterwerk, mit einigen Thieren und Köpfen dazwischen; sonst findet sich fast gar keine Verzierung. Auch hier sind die Kreuz-Arme vom Hauptschiff getrennt. Diese Kirche wurde 1030 gegründet, jedoch erst von Wilhelm dem Eroberer beendet.

Die Kirche des Klosters Fontevraud wird für diejenige gehalten, welche 1125 gegründet wurde. Sie ist eine Kreuzkirche, und zwar mit *fünf* Chor-Nischen; der spätre Thurm zeigt Spitzbogen; sonst finden sich nur Rundbogen. Die Knäufe, Gliederungen und Verzierungen in jedem Theile des Gebäudes

sind reich und sehr scharf ausgearbeitet; was auf einen ziemlich langsamen Bau schliefsen läfst.

Ein Theil der Kirche im Städtchen Broglie ist alt und roh. Glatte Pfeiler stützen einfache Rundbogen, unter welche aber, in Übereinstimmung mit dem spätern Anbau, Spitzbogen gezogen wurden. Die Westseite ist mit einem Bogenfriese von sich durchkreuzenden Bogen geziert; welches ebenfalls dem spätern Bau angehören mufs.

Für das älteste in der Normandie vorhandene Gebäude von einiger Bedeutung wird die Kirche des Klosters Bernay gehalten. Sie hat doppelte Abseiten (fünfschiffig?), Kreuz-Arme und drei Tribunen: eine als Chorschlufs und eine an jedem Kreuz-Arme. Die einfachen runden Bogen ruhen auf glatten viereckigen Pfeilern mit Rundstäben; die Capitäle derselben haben Blätterwerk, jedoch keine Figuren dazwischen, welche erst später aufkamen. Weit und hoch, in edlen Verhältnissen aufgeführt, hat die Kirche, aufser an den Capitälen, sonst keine Verzierung. Die Abseiten haben eine merkwürdige Kuppelwölbung, gleich der in Deutschland an der Klosterkirche zu Arendsee im Hauptschiff; wir werden später darauf zurückkommen.

Zuletzt ist noch die Kirche von Montivilliers wegen der sonst selten vorkommenden Würfel-Capitäle anzuführen.

Es drängen sich nun wegen der grofsen Übereinstimmung der ältern normannischen Kirchen mit denen in Deutschland (nur die häufig vorkommenden römischen Capitäle würden, *insofern sie der frühern Zeit angehören*, als Nachahmung der damaligen romanischen Bau-Art in Frankreich anzusehen sein) die beiden Fragen auf:

1. Kann diese Übereinstimmung für eine Folge der so sehr ähnlichen Verhältnisse beider Völker erklärt werden: oder mufs man eine unmittelbare Verbindung zwischen der Normandie und Deutschland annehmen? und im letztern Falle:
2. Welches der beiden Völker ging hier dem andern voran?

Da sich gerade an den ältesten Gebäuden der Normannen, namentlich an denjenigen, in welchen Würfel-Capitäle vorkommen, vorzugsweise jene grofse Ähnlichkeit mit deutschen zeigt, und da die Construction in diesen Kirchen, mit viereckigen Pfeilern und vorliegenden Rundstäben und mit den darauf ruhenden Gewölben, nicht etwa in den gleichzeitigen, sondern in den spätern Kirchen von Deutschland aus dem 12ten Jahrhundert allgemein ist, so scheint die gewöhnliche Annahme, dafs die Normannen sich früher ausbildeten

und dafs von ihnen die Kunst nach Deutschland kam, die richtige zu sein. Dem stellt sich indessen wieder mit Entschiedenheit der Umstand entgegen, dafs die eigenthümlichen Mittelthürme in Sachsen gerade an den ältern Kirchen vorkommen, später mehr und mehr verschwinden, und nur an Kirchen sich finden, welche entschieden älter sind als jene normannischen. Ebenso ist mit Recht zu zweifeln, ob die wenigen normannischen Abentheurer, bei aller ihrer Thatkraft und Lebensfrische und bei all ihrem früheren lebendigen Völkerverkehr, aber auch bei ihrer rohen kriegerischen Lebensweise, sogleich im Stande gewesen sein sollten, es den Deutschen zuvorzuthun, welche so bedeutend früher schon zur christlichen Religion und Cultur übergetreten waren. Um jene nicht unwichtigen Fragen mit einiger Sicherheit beantworten zu können, müfste man die normannischen Kirchen so genau wie die unseres Vaterlandes untersuchen; vielleicht würde dann dort, wie es bei uns geschehn, manches Datum bedeutend näher gerückt werden; namentlich aber würde sich vielleicht dort wie hier ergeben, dafs viele Kirchengewölbe mit ihren Gurtfortsetzungen erst später eingewölbt sind und dafs dann auch die vielen Blätter-Capitäle in die Zeiten rücken, wo auch in Deutschland die Würfel-Capitäle anfingen seltner zu werden. Auch der Engländer *Knight* („Über die Entwicklung der Architektur unter den Normannen"; übersetzt von *Lepsius*, Leipzig 1841, S. 80, 116 u. s. w.) vermuthet, dafs die normannischen Kirchen zur Zeit Wilhelms des Eroberers über den breiten Mittelschiffen anfangs hölzerne Decken hatten und nur erst später überwölbt wurden; es ist Schade, dafs er seine Anwesenheit in der Normandie nicht zu einer genauern Untersuchung dieser wichtigen Frage benutzt hat.

Möge also die Frage, ob die Gewölbe der Kirchen, die Kreuzform mit Mittelthurm, die organische Verbindung der westlichen Thürme mit der Kirche, die Pfeiler statt der antiken Säulen und die Kreuzgewölbe über den Mittelschiffen früher bei den Deutschen oder bei den Normannen eingeführt waren, und ob und welches Volk von dem andern lernte, oder ob beide die von den romanischen Völkern entlehnte Bau-Art zufolge der gleichmäfsigen Geistesrichtung ohne gegenseitige Einwirkung eigenthümlich ausbildeten, vor der Hand auf sich beruhen: so viel ist gewifs, dafs die Normannen in der Folgezeit weit rascher zu einem eigenthümlichen Baustyle gelangten, wenn gleich die Deutschen später noch einen eigenthümlicheren Styl erfanden.

(Die Fortsetzung folgt.)

10.

Über die verschiedenen Arten, die Spannkraft der atmosphärischen Luft als bewegende Kraft auf Eisenbahnen zu benutzen, von welchen eine die der sogenannten atmosphärischen Eisenbahnen ist.

(Vom Herausgeber dieses Journals.)

(Fortsetzung des Aufsatzes No. 2. im ersten, No. 9. im zweiten, No. 17. im vierten Heft ein und zwanzigsten und No. 2. im ersten Hefte dieses Bandes.)

XII. Luftwagen von der ersten Art, bei welchen die zusammengepreſste Luft während des ganzen Kolbenlaufes in die Cylinder eingelassen wird.

a. Beschreibung desselben und seiner Wirkungen.

33.

A. Ein *Luftwagen* würde, wie schon oben bemerkt, ganz auf dieselbe Weise einzurichten sein, wie ein Dampfwagen; nur mit dem Unterschiede, dafs er keinen Dampfkessel, keine Esse und keinen Schornstein bekommt. Die Zeichnungen eines *Dampfwagens* stellen daher auch, was Räder, Achsen, Kurbeln, Cylinder, Schiebeventile und Lenkung betrifft, ganz eben so alle diese Theile eines *Luftwagens* vor; mit folgenden Abänderungen.

B. Die *zusammengepreſste Luft* nimmt hier die Stelle des *Dampfs* ein. Die Röhre *V* (Taf. V. Fig. 13.) führt, statt dort den *Dampf* aus dem *Dampfkessel,* hier die *Luft* aus dem *Luftbehälter,* sei derselbe eine Röhre zwischen den Schienen, oder auf dem Wagen selbst befindlich, in die Cylinder. In der Lage des Kolbens, welche (Fig. 13. 14. und 15.) vorstellen, tritt die *zusammengepreſste* Luft durch die offene Röhre 1 in den Cylinder *links* vom Kolben und treibt den Kolben von der Linken nach der Rechten. Die auf der andern Seite des Kolbens befindliche, *nicht zusammengepreſste* Luft entweicht durch die Röhre *e* hier, nicht wie der Dampf in den *Schornstein,* sondern ins *Freie.* Am Boden des Cylinders rechterhand angelangt, hat der Kolben mit-

tels der Lenkung *k* (Fig. 15.) die Röhre 1 verschlossen und dagegen die Röhre 2 geöffnet. Die Röhre *e* ***bleibt*** offen. Die ***zusammengepreſste*** Luft tritt also nunmehr durch die Röhre 2 in den Raum ***rechts*** vom Kolben, treibt ihn von der Rechten nach der Linken, und die zusammengepreſste Luft, welche sich links vom Kolbens befindet, entweicht durch 1 und *e* ins Freie. Und so weiter. So also treibt die ***zusammengepreſste Luft*** den ***Kolben*** hin und her, dreht dadurch die Kurbeln *zy* (Fig. 13.) nebst den Triebrädern des Luftwagens um und treibt vermittels dieser Räder den Wagenzug fort.

C. So verhält es sich, wenn der Wagenzug Kraft ***bedarf,*** um fortgetrieben zu werden. Diese Kraft muſs die ***Spannung der zusammengepreſsten Luft*** liefern. Anders ist es, wenn der Wagenzug von einem so steilen Abhange hinunterrollt, daſs er nicht allein, um fortgetrieben zu werden, ***keiner*** Kraft bedarf, sondern daſs die Wirkung der Schwere ihm einen ***Überschuſs*** an forttreibender Kraft giebt. Ein solcher Überschuſs kann wie folgt benutzt werden, um Luft ***von aufsen*** für die weitere Fahrt ***während der Fahrt*** zusammenzupressen; und dazu sind folgende kleine Änderungen der Construction des Dampfwagens nöthig.

D. ***Erstlich*** muſs die Röhre *Vv* (Fig. 13.), welche beim Dampfwagen den Dampf aus dem Kessel, beim Luftwagen die zusammengepreſste Luft aus dem Behälter wie oben beschrieben in die Cylinder führt, einen ***Hahn*** haben, der, wenn man ihn um einen rechten Winkel umdreht, den Weg von *V* nach *v* (Fig. 13.) verschlieſst und zugleich den Weg von *v* durch dieselbe Röhre und durch den Hahn hindurch ins Freie öffnet. Wir wollen diesen Hahn durch H_1 bezeichnen.

Zweitens muſs die Röhre, welche von *e* her dem Dampf beim Dampfwagen den Weg in den Schornstein und beim Luftwagen der zusammengepreſsten Luft, die ihre Dienste geleistet hat, den Weg ins Freie öffnet, nach einem ***zweiten Behälter*** führen und einen ***ähnlichen Hahn*** wie die Röhre *Vv* haben, nemlich einen Hahn H_2, der entweder den Weg nach dem Behälter verschlieſst und zugleich den Weg ins Freie öffnet, oder, nachdem er um einen rechten Winkel umgedreht worden ist, umgekehrt.

E. Soll wie oben in (*B.*) die ***zusammengepreſste Luft den Kolben*** und durch ihn den Wagenzug forttreiben, auf die Weise wie es in (*B.*) beschrieben ist, so dreht man den Hahn H_1 so, daſs er der zusammengepreſsten Luft den Weg aus den Behältern derselben von *V* nach *v*, nemlich nach den ***Cylindern*** hin öffnet und also zugleich den Weg aus den Cylindern ins ***Freie***

verschliefst: desgleichen den Hahn H_2 so, dafs er der Luft, welche im Cylinder ihre Dienste gethan hat, durch *e* den Weg ins *Freie* öffnet und zugleich den Weg nach dem zweiten *Behälter* verschliefst.

Soll dagegen, wenn der Abhang der Bahn so stark ist, dafs der Wagenzug einen Überschufs an Kraft hat, dieser Überschufs benutzt werden, um äufsere Luft in dem *zweiten Behälter* zusammenzupressen, so dreht man den den Hahn H_1, gerade dem Obigen entgegengesetzt, so, dafs er der zusammengepreſsten Luft den Weg aus ihrem Behälter nach den Cylindern in der Röhre *Vv verschliefst* und dagegen der Luft den Weg aus dem Freien in die Cylinder *öffnet;* desgleichen den Hahn H_2 so, dafs er der Luft den Weg durch *e* ins Freie *verschliefst* und ihr dagegen den Weg, ebenfalls durch *e*, nach dem *zweiten Behälter öffnet.* Alsdann wird das Verlangte wie folgt geschehen.

Werden nemlich die *Triebräder* nicht von den Cylinder-Kolben durch die *zusammengepreſste Luft,* sondern von der *Schwerkraft* des Wagenzuges umgedreht (in *beiden* Fällen rollen sie fort, und in der gleichen Richtung), so treiben sie ihrerseits vermittels der Kurbeln die Kolben in den Cylindern hin und her. Gesetzt nun, sie treiben den Kolben in Fig. 13. von der Linken nach der Rechten, so wird die zwischen ihm und dem Cylinderboden rechts befindliche Luft durch *e* hinausgetrieben. Aber dieser Luft ist jetzt der Weg *ins Freie* durch den Hahn H_2 *verschlossen* und dagegen der Weg nach dem zweiten Behälter *geöffnet:* also wird sie in diesen *zweiten Behälter* getrieben und folglich *in demselben zusammengepreſst* werden. Aber zugleich ist die Röhre 1 Fig. 14. offen, und also der Luft der Zutritt in den Cylinderraum *links* vom Kolben gestattet, aber nicht der *zusammengepreſsten* Luft aus ihrem Behälter (denn dieser ist der Weg durch den Hahn H_1 in der Röhre *Vv* verschlossen), sondern der *dufsern, atmosphärischen Luft,* indem gegen *diese* hin der Hahn H_1 offen ist. Ziehen nun hierauf die Triebräder vermittels der Kurbel den Cylinderkolben *zurück,* von der Rechten nach der Linken hin, so verschliefst das Gleitventil die Röhre 1 und öffnet die Röhre 2. Die Luft tritt jetzt aus dem *Freien* (nicht die zusammengepreſste Luft aus ihrem Behälter) in den Raum rechts vom Kolben und die links vom Kolben befindliche, vorhin eingetretene atmosphärische Luft wird durch *e* nicht ins Freie, sondern nun ihrerseits wieder in den *zweiten Behälter* getrieben u. s. w. Jeder Kolbengang *schöpft also einen Cylinder voll Luft aus der Atmosphäre* und treibt sie in den zweiten Behälter.

F. Dieser *zweite Behälter* ist demnach,

Drittens, ebenfalls eine Abweichung des Luftwagens vom Dampfwagen. Seine *Gröfse* wird dadurch bestimmt, dafs die Luft in ihm auf keine stärkere Spannung zusammengepreſst werden darf, als die bergabtreibende Kraft des Wagenzuges zu überwinden vermag.

G. Die in dem zweiten Behälter zusammengepreſste Luft dient zugleich von selbst und auf eine sehr angemessene Weise zur *Hemmung* der bergabrollenden Wagen und wird, wenn der zweite Behälter die gehörige, der Stärke und Länge des Abhanges, der Gröfse der Cylinder und dem Gewicht des Wagenzuges angemessene *Gröfse* und *Festigkeit* hat, dem Wagenzuge niemals gestatten, eine zu grofse *Geschwindigkeit* anzunehmen. Auch wird sich, streng genommen, der zweite Behälter so anordnen lassen, dafs der Wagenzug, am Fufse des Abhanges angelangt, wenn man will, *still stehen* mufs.

H. Viertens. Eine letzte Abweichung des Luftwagens vom Dampfwagen ist ein nothwendiger *dritter Behälter.*

Da nemlich die Luft in dem ersten grofsen Behälter offenbar *so stark* zusammengepreſst sein mufs, dafs ihre Spannung, auf die Kolben in den Cylindern wirkend, den Wagenzug den *stärksten Abhang* der Bahn, welcher vorkommt, *hinaufzutreiben* vermag, eine so starke Spannung aber *nicht immer* nöthig ist, sondern *nur* auf jenem *stärksten* Abhange, und auf weniger steilen, auf horizontalen und fallenden Stellen bei weitem *weniger* Kraft hinreicht, auf noch stärker fallenden Stellen *gar keine* Kraft und sogar ein *Überschufs* der von der Schwere hervorgebrachten bergabtreibenden Kraft entstehen kann: so mufs, nächst dem grofsen Behälter noch ein *anderer, kleinerer,* also ein *dritter* Behälter vorhanden sein, in welchen man mittels eines Hahnes immer nur *so viel* Luft aus dem grofsen Behälter zuläſst, als nöthig ist, um ihr gerade diejenige Spannung zu geben, die so eben die Triebkraft auf die Kolben verlangt. Aus diesem dritten (nicht unmittelbar aus dem grofsen Behälter) gelangt erst die gespannte Luft in die Cylinder.

I. Es ist hier streng genommen nicht einmal ein Barometer oder ein Manometer nöthig. So wie der Führer des Wagenzuges bemerkt, dafs derselbe zu langsam vorrückt, *öffnet* er den Hahn H_3 in der Röhre, durch welche die Luft aus dem grofsen in den *dritten* Behälter gelangt, ein *wenig mehr.* Beginnt die Geschwindigkeit der Fahrt zu stark zuzunehmen, so *verschlieſst* er ihn ein *wenig mehr.* An Stellen angelangt, wo ein *Überschufs* an bergabtreibender Kraft bevorsteht, *verschlieſst* er den Hahn *ganz* und dreht die oben beschrie-

benen Hähne H_1 und H_2 um einen rechten Winkel, damit jetzt das *Einpumpen* von äufserer Luft in den *zweiten Behälter* beginne. Gleiches thut er, wenn er etwa da, wo *kein* Überschufs an bergabtreibender Kraft nöthig ist, *hemmen* will. Diese Hemmung wirkt zwar nicht *plötzlich*, sondern ein etwa nothwendiges *plötzliches* Hemmen kann nur durch die *gewöhnlichen* Hemm-Vorrichtungen geschehen, wie es sich weiter unten näher zeigen wird, indessen wird das plötzliche Abschneiden der Triebkraft, nebst dem Beginn einer *entgegenwirkenden* Kraft, der Wirkung der gewöhnlichen Hemm-Vorrichtungen immer sehr zu Hülfe kommen.

K. Da das *Einpumpen* von Luft, also der Gebrauch des *zweiten* Behälters zum *Einpumpen* von Luft, immer nur beim Anfange eines starken Abhanges, welcher *Überschufs* an Triebkraft liefert, beginnt, so hat die Luft im *dritten* Behälter, welche die Triebkraft für die Kolben *hergiebt*, wenn anders der Führer den Anfang des starken Abhanges *vorher* wohl berücksichtigt hat, nur noch die Spannung *der Atmosphäre;* eben wie im *zweiten* Behälter, in welchen jetzt Luft *eingepumpt* werden soll. Es können also auch die Räume des zweiten und dritten Behälters mittels einer Röhre und eines zu öffnenden Hahnes in *Verbindung* gesetzt werden, und es sind dann auf diese Weise der *zweite und dritte* Behälter *zusammen* nur so grofs nöthig, als es der zweite ohne den dritten allein sein müfste. Es könnte sogar, in der Rücksicht, dafs ein beginnender starker Abhang den *dritten* Behälter der Regel nach leer und also zu dem Dienst des *zweiten* Behälters vorbereitet finden mufs, statt des zweiten und dritten Behälters *nur ein* Behälter vorhanden sein: indessen sind zwei gesonderte Behälter besser als ein einzelner; nemlich, *Erstlich*, für den Fall, wo etwa der Führer nicht gehörig Acht gegeben hat, dafs der dritte Behälter *vor* dem Anfange des starken Abhanges geleert wurde; *Zweitens* für den Fall, wo auf dem starken Abhange *schneller gehemmt* werden soll, wozu ein *kleinerer* zweiter Behälter wirksamer ist, als der gröfsere Raum der beiden Behälter zusammen, und *Drittens* für den Fall, wo auf der Bahn mehrere *ungleich lange* starke Abhänge vorkommen, indem sich alsdann der *zweite* Behälter *allein* für die *kürzern* und der zweite mit dem *dritten* zusammen für die *längern* stärkern Abhänge benutzen läfst.

L. Der *erste grofse* Behälter für die zusammengepreifste Luft ist entweder eine zwischen den Schienen liegende, längsauslaufende Röhre, aus welcher der Luftwagen nach No. IV. die Luft schöpft, und zwar zunächst in

den *dritten* Behälter sie aufnimmt: oder er steht nach No. V. auf dem Luftwagen selbst.

Um die Gröfse der Behälter, ihre Stärke und die Spannung der Luft angeben zu können, müssen wir die Wirkung dieser Spannung auf das Forttreiben des Wagenzuges in Maafs und Zahl untersuchen.

b. Berechnung der Wirkung der Spannung der Luft in einem Luftwagen von der ersten Art auf das Forttreiben des Wagenzuges, und umgekehrt.

34.

A. CC (Taf. VI. Fig. 18.) stelle einen der beiden Cylinder vor, xx den Kolben, K_1S_1 die Kolbenstange, S_1M die Bläuelstange, MZ den Kurbelarm.

Der Durchmesser CC_1 des Cylinders oder des Kolbens sei . . . . . $= \Delta$;

Die Länge des Cylinders KK_1, die dem doppelten Kurbelarm gleich, also $= AD$ ist, sei $= \lambda = 2r$;

Die Spannung der Luft, welche im Cylinder auf den Kolben wirkt, ... $= 1 + \mu$ Atmosphären;

Der Durchmesser der Triebräder am Luftwagen sei . . . . . $= D$;

Die Länge des vom Wagenzuge durchlaufenen Weges . . . . . $= L$;

Die zum Forttreiben des Wagenzuges nöthige Zugkraft . . . . . $= Z = Q(n + \tang\beta)$ (103.);

Ferner sei die Länge der Bläuelstange $S_1M = a$ und

$AP = x$, $PM = y$, $Pp = \partial x$, $p_1p_2 = \partial y$, $Ms = \partial s$;

der Winkel $MS_1A = \varphi$, der Winkel $MZA = \alpha$;

Die Kraft, mit welcher die gespannte Luft auf den Kolben drückt, sei $= p$.

B. Die Kraft p bringt nach der Richtung S_1M eine Kraft $M_3M = p \sec\varphi$ hervor.

Diese Kraft gilt zwei andern Kräften, $M_1M = p \sec\varphi \cos\varphi = p$, *parallel* mit AZ, und $MM_2 = p \sec\varphi \sin\varphi = p \tang\varphi$, *senkrecht* auf AZ, gleich.

Die erste Kraft M_1M gilt wieder zwei andern Kräften M_1M_4 und $M_4M = M_1M \sin\alpha = p \sin\alpha$ gleich, deren *erste*, in der Richtung MZ wirkend, *nicht*, sondern nur die *zweite* $M_4M = p \sin\alpha$, senkrecht auf den Kurbelarm MZ, in Betracht kommt.

Die zweite Kraft MM_2 gilt den beiden Kräften M_5M_2 und $M_5M = MM_2\cos\alpha = p\,\mathrm{tang}\,\varphi\cos\alpha$ gleich, von welchen wieder die *erste*, in der Richtung MZ wirkend, *nicht*, sondern nur die *zweite* $M_5M = p\,\mathrm{tang}\,\varphi\cos\alpha$, senkrecht auf den Kurbelarm MZ, in Betracht kommt.

Zusammen wird also der Kurbelarm von der Kraft

141. $M_4M + M_5M = p\sin\alpha + p\,\mathrm{tang}\,\varphi\cos\alpha = p(\sin\alpha + \mathrm{tang}\,\varphi\cos\alpha)$

umgedreht.

C. Da

142.
$$\begin{cases} 1. & \sin\alpha = \frac{y}{r} = \frac{Mm}{Ms} = \frac{\partial x}{\partial s}, \\ 2. & \cos\alpha = \frac{r-x}{r} = \frac{ms}{Ms} = \frac{\partial y}{\partial s} \text{ und} \\ 3. & \mathrm{tang}\,\varphi = \frac{MP}{S_1P} = \frac{y}{\sqrt{(a^2-y^2)}} \end{cases}$$

ist, so wird die Kraft (141.), welche durch q bezeichnet werden mag, auch durch

143. $$q = p\left(\frac{\partial x}{\partial s} + \frac{y}{\sqrt{(a^2-y^2)}}\cdot\frac{\partial y}{\partial s}\right)$$

ausgedrückt.

D. Während die Luft im Cylinder den Kolben von K nach K_4 treibt, durchläuft die Kurbel den *obern* Halbkreis AMD und, wenn sie den Kolben von K_4 nach K hin bewegt, den *untern* Halbkreis DQA; und zwar das Eine und das Andere stets auf *ganz gleiche* Weise; nemlich so, dafs, was auch die Kraft p, die auf den Kolben in seinen verschiedenen Lagen K, K_1, K_2 u. s. w. wirkt, sein mag, *constant* oder *veränderlich*, dasjenige p, welches z. B. dem Puncte M entspricht, genau dem p, welches zu dem entgegengesetzten Puncte Q gehört, *gleich* ist; denn während der Kurbelarm den Winkel $AZM = \alpha$ durchlaufen hat, hat sich der Kolben *eben* so weit von K entfernt, als auf dem Rückwege von K_4, während dessen die Kurbel den *gleichen* Winkel DZQ beschrieb.

E. Durch den *obern* Halbkreis AMD *schiebt* die Bläuelstange die Kurbel in der Richtung S_1M: durch den *untern* Halbkreis DQA *zieht* sie ihn, in der Richtung QS_2.

Also haben die aus der Kraft p hervorgehenden Kräfte M_1M und QQ_1, die ihrem absoluten Werthe nach *gleich* sind, weil wegen $P_1Q = PM$ und $S_2Q = S_1M = a$ auch $P_1S_2Q = PS_1M = \varphi$ ist, immer das *gleiche Zeichen*, und folglich haben auch die daraus hervorgehenden, *senkrecht* auf die Kurbel wirkenden, dieselbe umdrehenden Kräfte M_4M und Q_4Q_1, die ebenfalls we-

gen $DZQ = AZM = \alpha$ ihrem absoluten Werthe nach *gleich* sind, *gleiche* Zeichen.

Hingegen die aus der Kraft p hervorgehenden Kräfte M_2M und QQ_2, die ihrem absoluten Werthe nach wiederum *gleich* sind, und folglich auch die daraus weiter hervorgehenden, senkrecht auf die Kurbel wirkenden, dieselbe umdrehenden, ihrem absoluten Werthe nach *gleichen* Kräfte M_5M und und QQ_5 haben *entgegengesetzte Zeichen.*

Es ist leicht zu sehen, dafs es sich für *alle entgegengesetzten* Lagen des Kurbelarms *gleichmäfsig* verhält. Z. B. in der Lage ZN der Kurbel sind die sie umdrehenden Kräfte N_1N_4 und N_2N_5: hingegen in der Lage ZR sind R_4R_1 und R_5R_2 diese Kräfte; und N_1N_4 und R_4R_1 haben *gleiche* und N_2N_5 und R_5R_2 haben *entgegengesetzte* Zeichen.

F. Daraus folgt, dafs, während die die Kurbel durch den *obern* Halbkreis treibende Kraft nach (143.)

$$144. \quad q_1 = p\left(\frac{\partial x}{\partial s} + \frac{y\,\partial y}{\partial s\sqrt{(a^2-y^2)}}\right)$$

ist, die Kraft, welche die Kurbel durch den *untern* Halbkreis treibt, immer, was auch p sein mag, durch

$$145. \quad q_2 = p\left(\frac{\partial x}{\partial s} - \frac{y\,\partial y}{\partial s\sqrt{(a^2-y^2)}}\right)$$

ausgedrückt wird.

G. Nun treibt die Kraft p die Kurbel in dem Differential ∂t der Zeit t durch das Differential des Bogens ∂s: also ist das *Differential des Moments* der Kraft p:

$$146. \quad \begin{cases} 1. \quad \partial M_1 = q_1\partial s = p\,\partial x + \frac{py\,\partial y}{\sqrt{(a^2-y^2)}} \text{ für den } \textit{obern} \text{ Halbkreis und} \\ 2. \quad \partial M_2 = q_2\partial s = p\,\partial x - \frac{py\,\partial y}{\sqrt{(a^2-y^2)}} \text{ für den } \textit{untern} \text{ Halbkreis.} \end{cases}$$

H. Die *Integrale* hievon geben das *Moment* der Kraft p für eine ganze Umdrehung der Kurbel. Man bezeichne

$$147. \quad \begin{cases} 1. \text{ Das Integral von } p\,\partial x, \text{ für den Winkel } AZM = DZQ = \alpha \\ \quad \text{genommen, durch } A_1 \\ \text{und, für den Winkel } MZD = QZA = 2\varrho - \alpha \text{ genommen, durch } A_2; \\ 2. \text{ Das Integral von } \frac{py\,\partial y}{\sqrt{(a^2-y^2)}}, \text{ für den Winkel } AZM = DZQ = \alpha \\ \quad \text{genommen, durch } B_1 \\ \text{und, für den Winkel } MZD = QZA = 2\varrho - \alpha \text{ genommen, durch } B_2; \end{cases}$$

so ist für den Umlauf der Kurbel *von M an,* durch *D, Q* und *A* bis wieder nach *M,* das gesammte Integral

148. $M = A_2 + B_2 + A_1 - B_1 + A_2 - B_2 + A_1 + B_1 = 2(A_1 + A_2)$:

hingegen für den Umlauf der Kurbel *von A an,* durch *M, D* und *Q,* bis wieder nach *A,* ist das gesammte Integral

149. $M = A_1 + B_1 + A_2 + B_2 + A_1 - B_1 + A_2 - B_2 = 2(A_1 + A_2)$.

Eins ist dem Andern *gleich:* also folgt, dafs das Moment für einen *ganzen* Umlauf der Kurbel immer *dasselbe* ist, von *welchem Punct M* des Umfanges auch die Bewegung *anfangen* möge. Daraus folgt weiter, dafs das Moment für die *beiden* Kurbeln am Luftwagen für einen Hin- und Hergang des Kolbens im Cylinder *dasselbe* ist, wenn auch die Kurbeln an der Trieb-Achse *nicht in gleicher* Lage sondern, wie es in der Wirklichkeit der Fall ist, gegen einander in einem *rechten* Winkel befestigt sind.

I. Das obige $A_1 + A_2$ in (148. und 149.) ist nichts anders als das Integral von $p\partial x$ für den *ganzen Halbkreis AMD* genommen: also ist das Moment $M =$ dem Integral von $2p\partial x$, für den Halbkreis *AMD* genommen.

K. In dem gegenwärtigen Falle, wo die Luft während des *ganzen* Kolbenlaufs von *gleicher* Spannung in die Cylinder eingelassen werden soll, ist nun der Druck p auf die Kolben *constant;* denn er ist immer derselbe, an welcher Stelle K, K_1, K_2, ... der Kolben im Cylinder sich befinden möge. Also ist hier das Moment für einen Cylinder

150. $M = 2px +$ Const.

Für $x = 0$ ist $M = 0$, also Const. $= 0$, und da das Integral für den ganzen Halbkreis *AMD,* also für $x = 2r = \lambda$ genommen werden soll, so ist

151. $M = 2p\lambda$.

L. Die Kolbenfläche ist $\frac{1}{4}\pi\Delta^2$, der Druck der Luft auf dieselbe also $\frac{1}{4}\pi\Delta^2(1+\mu)\sigma$. Diesem Drucke wirkt aber auf der andern Seite des Kolbens die Spannung der Atmosphäre $\frac{1}{4}\pi\Delta^2\sigma$ entgegen: also ist die *wirksame* Kraft auf einen Kolben

152. $p = \frac{1}{4}\pi\Delta^2\mu\sigma$.

Dies, in (151.) gesetzt, giebt $M = \frac{1}{4}\pi\Delta^2\lambda\mu\sigma$ für *einen* Cylinder, und also für die *beiden* Cylinder

153. $M = \pi\Delta^2\lambda\mu\sigma$.

M. Während eines Umlaufs der Kurbel rückt der Wagenzug um einen Umfang des Triebrades, also um πD fort. Folglich ist das *Moment der Zugkraft Z* gleich

154. $Z\pi D$.

Dieses Moment mufs dem Moment M an der Kurbel ***gleich sein.*** Also ist

155. $$Z\pi D = M = \pi \Delta^2 \lambda \mu \sigma$$

und daraus folgt

156. $$Z = Q(n + \tang\beta) = \frac{\lambda \Delta^2 \mu \sigma}{D};$$

welches die ***Zugkraft*** ist, die die in den Cylindern auf $1+\mu$ Atmosphären zusammengepreſste Luft auf den Wagenzug hervorbringt.

N. Zu bemerken ist, dafs, wie aus diesen Rechnungen hervorgeht, die Länge a der ***Bläuelstange*** auf das Resultat ***keinen*** Einfluſs hat.

35.

A. Aus (156.) folgt

157. $$\mu = \frac{QD}{\lambda \Delta^2 \sigma}(n + \tang\beta),$$

oder auch genauer

158. $$\mu = \frac{QD}{\lambda \Delta^2 \sigma}(n + \tang\beta)\cos\beta.$$

Dieses giebt die der Luft in dem ***ersten*** grofsen Behälter nöthige ***Spannung*** $1+\mu$, wenn man für β die ***stärkste*** der auf der Bahn vorkommenden ***Steigungen*** β_m setzt.

B. Um den Weg L zurückzulegen, sind $\frac{L}{\pi D}$ Umläufe des Triebrades nöthig. Zu jedem Umlaufe gehören ***vier*** Cylinder voll ***zusammengepreſster Luft:*** denn bei ***jedem*** Rad-Umlauf bewegt sich ***jeder*** der ***zwei*** Kolben durch die ganze Länge des Cylinders einmal hin und einmal her. Der Inhalt ***eines*** Cylinders ist $\frac{1}{4}\pi\Delta^2\lambda$, also sind $4.\frac{1}{4}\pi\Delta^2\lambda = \pi\Delta^2\lambda$ auf die Spannung $1+\mu$ zusammengepreſste Luft nöthig, um den Wagenzug um den Weg πD fortzutreiben, mithin sind zu $\frac{L}{\pi D}$ Rad-Umläufe für die Wegestrecke L,

159. $$\frac{L}{\pi D}.\pi\Delta^2\lambda = \frac{L\Delta^2\lambda}{D}$$

C. F. Luft von der Spannung $1+\mu$ nöthig.

Die ***atmosphärische*** Luft nimmt $1+\mu$ mal so viel Raum ein, als wenn sie auf die Spannung $1+\mu$ zusammengepreſst ist. Also sind zu der Wagenstrecke L,

160. $S = \frac{L\Delta^2\lambda}{D}(1+\mu)$ Cub. F. ***atmosphärische*** Luft

nöthig. Hierin den Ausdruck von μ (157.) gesetzt, giebt

$$S = \frac{L\Delta^2\lambda}{D} + \frac{LQ}{\sigma}(n + \operatorname{tang}\beta)\cos\beta \text{ oder}$$

$$161. \quad S = L\left[\frac{\Delta^2\lambda}{D} + \frac{Q}{\sigma}(n + \operatorname{tang}\beta)\cos\beta\right].$$

Da, wie in §. 28. bemerkt und nachgewiesen, $\cos\beta$ für jedes β, welches hier vorkommen kann, immer nur sehr wenig von 1 verschieden ist, so kann man statt (161.) füglich blofs setzen:

$$162. \quad S = L\left[\frac{\Delta^2\lambda}{D} + \frac{Q}{\sigma}(n + \operatorname{tang}\beta)\right],$$

und dies um so sicherer, da man so für S nicht *zu wenig*, sondern etwas *zu viel* rechnet.

C. Dafs die Geschwindigkeit, welche die Wirkung der Luft auf die Kolben in den Cylindern dem Wagenzuge mittheilt, dessen Widerstand Z, so lange das Gefälle β der Bahn dasselbe bleibt, sich *nicht ändert*, nicht eben so veränderlich ist, wie die Momente der, zwar ebenfalls constanten, aber nach der verschiedenen Lage der Kurbelarme an stets *andern* Hebelsarmen wirkenden Kraft, ist Folge des *Beharrungsvermögens* der in Bewegung gesetzten sehr grofsen Massen, die hier die Stelle des sonst bei Kurbeln gewöhnlichen *Schwungrades* vertreten; und dies um so mehr, da die Arme der beiden Kurbeln für die zwei Cylinder am Wagen niemals in *gleicher* Lage sich befinden, niemals *beide zugleich* unwirksam sind, oder *beide zugleich* ihre *volle* Wirkung haben, sondern der eine gegen den andern in einen *rechten Winkel* gestellt ist, so dafs die eine Kurbel ihre *volle* Wirkung äufsert, wenn die andere *unwirksam* ist, und umgekehrt. So tritt hier ein Beharrungszustand ein, sobald nur die *Summe* der Momente der bewegenden Kraft für einen *ganzen* Rad-Umlauf, die immer dieselbe ist, von welcher Lage des Kurbelarms an sie auch gerechnet wird, dem Momente des Widerstandes gleich kommt: wie es oben in Rechnung gebracht wurde.

D. Wenn die Bahn vor dem Wagenzuge her *steigt*, so ist in (162.) β *positiv*, wenn sie *fällt*, *negativ*, wenn sie *horizontal* ist, *Null*. Bezeichnet man die Höhen-Unterschiede der Anfangs- und Endpuncte einer Bahnstrecke L_1, die ein *unveränderliches* Gefälle β_1 hat, durch h_1, so ist

$$163. \quad h_1 = L_1 \operatorname{tang}\beta_1,$$

also kann in (162.) S auch durch

$$164. \quad S = L_1\left(\frac{\Delta^2\lambda}{D} + \frac{nQ}{\sigma}\right) + h_1\frac{Q}{\sigma}$$

ausgedrückt werden. In diesem Ausdruck ist h_1 ***positiv*** zu nehmen, wenn die Bahn vor dem Wagenzuge her ***steigt;*** es ist $= 0$, wenn die Bahn ***horizontal*** liegt, und ***negativ,*** wenn die Bahn ***fällt;*** letzteres jedoch ***nur in so fern***

$$165. \quad \text{tang}\beta > -n$$

ist.

E. Ist nemlich β negativ und $\text{tang}\beta = -n$, so rollt der Wagenzug den Abhang, blofs von der ***Schwere*** getrieben, mit der unverminderten Geschwindigkeit hinab, die er am Anfange des Abhanges hatte. Es ist also offenbar für einen solchen Abhang ***gar keine*** Luft aus dem Behälter nöthig und es ist $S = 0$ für $\text{tang}\beta = -n$. Dafs die Formel (162.) dieses Resultat ***nicht*** giebt, kommt daher, dafs für sie vorausgesetzt wird, die Luft, welche in die Cylinder tritt, werde ***immer*** aus dem Behälter genommen, von welcher Spannung sie auch nöthig sein möge. Für den Abhang $\text{tang}\beta = -n$ ist sie nur von der Spannung 1 nöthig, weil hier ***kein Übergewicht*** über den Gegendruck der atmosphärischen Luft erforderlich ist. Nähme man also die Luft, welche in die Cylinder tritt, auch in ***diesem*** Falle wirklich aus dem Behälter, wie es (162.) voraussetzt, so gäbe die Formel ganz richtig, dafs $L_1 \frac{\Delta^2 \lambda}{D}$ C. F. atmosphärische Luft aus dem Behälter gezogen werden müssen. Aber man wird natürlich hier die nur von der Spannung 1 nöthige Luft ***nicht aus dem Behälter nehmen,*** sondern aus der ***Atmosphäre.*** Man wird die Verbindung der Cylinder mit dem Luftbehälter ***verschliefsen*** und ihnen dagegen die Verbindung mit der atmosphärischen Luft öffnen. Also ist die Formel (162.) zwar an sich auch für den gegenwärtigen Fall richtig, aber gleichwohl ist hier nicht $S = L \frac{\Delta^2 \lambda}{D}$, sondern

$$166. \quad S = 0 \quad \text{für} \quad \text{tang}\beta = -n \quad \text{oder} \quad \frac{h_1}{L_1} = -n.$$

F. Ist β ***negativ und*** $\text{tang}\beta < -n$, so rollt der Wagenzug ebenfalls, blofs von der Kraft der Schwere getrieben, den Abhang hinunter, aber nun mit einem ***Übergewicht*** der Triebkraft, und es tritt der in (§. 33.) gedachte Fall ein, wo dem ersten grofsen Behälter nicht mehr Luft ***entzogen,*** sondern umgekehrt atmosphärische Luft in den ***zweiten*** kleinen Behälter ***eingepumpt*** wird. Und zwar werden bei jedem Umlauf des Triebrades, also auf die Wegelänge πD, ***vier*** Cylinder voll, mithin $\pi \Delta^2 \lambda$ Cub. F. und folglich auf die Wegelänge L_1

$$167. \quad S = \frac{L_1}{\pi D} . \pi \Delta^2 \lambda = L_1 \frac{\Delta^2 \lambda}{D} \text{ C. F.}$$

atmosphärische Luft eingepumpt. Es ist also hier in diesem Fall nicht blofs $S=0$ für $\text{tang}\beta=-n$ (165.), sondern

$$168.\quad S=-L_1\frac{\Delta^2\lambda}{D}\quad\text{für}\quad \text{tang}\beta<-n$$

zu setzen, wenn man den Verbrauch von Luft aus dem grofsen Behälter für diejenige Bahnstrecke, auf welche $\text{tang}\beta<-n$ ist, zu dem übrigen ansetzen will.

G. Die allgemeine Formel (164.) gilt ***unverändert*** nur für Bahnstrecken L_1, für welche $\text{tang}\beta>-n$ ist, mögen sie vor dem Wagenzuge her ***steigen*** oder ***fallen;*** denn nur für diese wird die Luft aus dem grofsen Behälter gezogen. Für jede einzelne Länge giebt (164.) die für sie nöthige Luft aus dem ***grofsen*** Behälter. Bezeichnet man also die ***Summe dieser*** Längen durch L_1 und die ***algebraische*** Summe der zugehörigen positiven und negativen h_1 durch H_1, desgleichen den für sie zusammen nöthigen Luftbedarf durch S_1, so ist

$$169.\quad S_1=L_1\left(\frac{\Delta^2\lambda}{D}+\frac{nQ}{\sigma}\right)+H_1\frac{Q}{\sigma}.$$

Für diejenigen Strecken, auf welchen $\text{tang}\beta=-n$ ist, und deren Gesammtlänge durch L_2 bezeichnet werden mag, ist der Bedarf an Luft aus dem grofsen Behälter

$$170.\quad S_2=0\ (166.).$$

Für die Strecken endlich, auf welchen $\text{tang}\beta<-n$ ist und deren Gesammtlänge L_3 sein mag, ist nach (168.) der Bedarf an Luft aus dem grofsen Behälter

$$171.\quad S_3=-L_3\frac{\Delta^2\lambda}{D}.$$

Der Gesammtbedarf an Luft aus dem grofsen Behälter, der $S=S_1+S_2+S_3$ sein mag, ist also aus (169. 170. und 171.)

$$172.\quad S=L_1\left(\frac{\Delta^2\lambda}{D}+\frac{nQ}{\sigma}\right)+H_1\frac{Q}{\sigma}-L_3\frac{\Delta^2\lambda}{D}.$$

Dieses giebt, wenn man die Länge der ganzen Eisenbahn

$$173.\quad L_1+L_2+L_3=L$$

setzt, so dafs $L_1=L-L_2-L_3$ ist,

$$S=(L-L_2-L_3)\left(\frac{\Delta^2\lambda}{D}+\frac{nQ}{\sigma}\right)+H_1\frac{Q}{\sigma}-L_3\frac{\Delta^2\lambda}{D}\quad\text{oder}$$

$$174.\quad S=(L-L_2-2L_3)\frac{\Delta^2\lambda}{D}+(L-L_2-L_3)\frac{nQ}{\sigma}+H_1\frac{Q}{\sigma}.$$

36.

Zu diesem Luftbedarf aus dem grofsen Behälter kommt noch derjenige hinzu, der nöthig ist, um die für die Fahrt verlangte *Geschwindigkeit beim Anfange der Bewegung hervorzubringen.*

A. Da diese Geschwindigkeit *so schnell als möglich* wird erzeugt werden sollen, so wird man dazu natürlich die *gröfste* Spannung der Luft anwenden, welche zu haben ist: also diejenige Spannung μ (158.), welche der Luft in dem grofsen Behälter gegeben werden mufs, um den *stärksten* auf der Bahn vorkommenden Abhang zu *ersteigen;* und zwar wird man diese *volle* Spannung im Anfange, nach (§. 29.), so lange *unvermindert* wirken lassen, bis die verlangte Geschwindigkeit erreicht ist.

B. Die perpendiculair auf den Kurbelarm wirkende Kraft, welche die Kurbel umdreht, wird nach (144. und 145.) durch

$$175.\quad \begin{cases} 1.\ q_1 = p\left(\frac{\partial x}{\partial s} + \frac{y\,\partial y}{\partial s\sqrt{(a^2-y^2)}}\right) \text{ für den } \textit{obern} \text{ Halbkreis } \boldsymbol{AMD} \text{ und durch} \\ 2.\ q_2 = p\left(\frac{\partial x}{\partial s} - \frac{y\,\partial y}{\partial s\sqrt{(a^2-y^2)}}\right) \text{ für den } \textit{untern} \text{ Halbkreis } \boldsymbol{DQA} \end{cases}$$

ausgedrückt. Zieht man von dieser Kraft diejenige *constante* Kraft $Z\frac{D}{2r} = Z\frac{D}{\lambda}$ ab, welche am Kurbelarm zur Hervorbringung der nöthigen Zugkraft Z oder zur bloſsen Fortbringung des Wagenzuges Q mit *gleichförmiger* Geschwindigkeit, also im *Beharrungsstande* nöthig ist, so bleibt diejenige *überschüssige* Kraft am Kurbelarm, welche *Geschwindigkeit hervorbringt.* Es ist also, wenn man q_1 und q_2 diese *überschüssige* Kraft bezeichnen läfst, zu setzen:

$$176.\quad \begin{cases} 1.\ q_1 = p\left(\frac{\partial x}{\partial s} + \frac{y\,\partial y}{\partial s\sqrt{(a^2-y^2)}}\right) - \frac{ZD}{\lambda} \text{ für den } \textit{obern} \text{ Halbkreis und} \\ 2.\ q_2 = p\left(\frac{\partial x}{\partial s} - \frac{y\,\partial y}{\partial s\sqrt{(a^2-y^2)}}\right) - \frac{ZD}{\lambda} \text{ für den } \textit{untern} \text{ Halbkreis.} \end{cases}$$

C. Diese *bewegende* Kraft wirkt auf die Masse Q und es ensteht daraus die *beschleunigende* Kraft $\frac{q}{Q}$. Dieselbe erzeugt in der Zeit ∂t die Geschwindigkeit

$$177.\quad \partial v = 2g\frac{q}{Q}\partial t.$$

Mit der Geschwindigkeit v treibt sie das Ende des Kurbelarms, auf welches sie wirkt, in der Zeit ∂t durch den Raum

$$178.\quad v\,\partial t = \partial s,$$

also ist

$$179. \qquad \partial t = \frac{\partial s}{v},$$

und folglich in (177.) $\partial v = 2g\frac{q}{Q}.\frac{\partial s}{v}$ oder

$$180. \qquad q\partial s = \frac{Q}{2g}v\partial v.$$

Hierin die Werthe von q_1 und q_2 aus (176.) gesetzt, giebt

$$181. \begin{cases} 1.\ p\left(\partial x + \frac{\gamma\partial\gamma}{\sqrt{(a^2-\gamma^2)}}\right) - \frac{ZD}{\lambda}\partial s = \frac{Q}{2g}v\partial v \text{ für den } \textit{obern} \text{ Halbkreis und} \\ 2.\ p\left(\partial x - \frac{\gamma\partial\gamma}{\sqrt{(a^2-\gamma^2)}}\right) - \frac{ZD}{\lambda}\partial s = \frac{Q}{2g}v\partial v \text{ für den } \textit{untern} \text{ Halbkreis;} \end{cases}$$

wovon das Integral, und zwar für m Umläufe der Kurbel oder der Triebräder zu nehmen ist, wenn man verlangt, dafs z. B. nach m Umläufen irgend eine verlangte Geschwindigkeit v hervorgebracht werden soll.

D. Das Integral von $p\partial x$ werde durch X und das Integral von $\frac{p\gamma\partial\gamma}{\sqrt{(a^2-\gamma^2)}}$ durch Y, dasjenige von $\frac{ZD}{\lambda}\partial s$ durch U bezeichnet, so ist

$$182. \begin{cases} 1.\ X+Y-U = \frac{Q}{4g}v^2+C \text{ für den } \textit{obern} \text{ Halbkreis und} \\ 2.\ X-Y-U = \frac{Q}{4g}v^2+C \text{ für den } \textit{untern} \text{ Halbkreis.} \end{cases}$$

Das Integral X sei $=X_0$ für $x=0$, $=X_1$ für $x=AP$ und $=X_2$ für $x=AD$, so ist auch $X=X_0$ für den Punct D, $=X_1$ für $x=DP_1$ und $=X_2$ für $x=DA$. Das Integral Y sei $=Y_0$ für $x=0$, $=Y_1$ für $x=AP$ und $=Y_2$ für $x=AD$, so ist, eben so, auch $Y=Y_0$ für den Punct D, $=Y_1$ für $x=DP_1$ und $=Y_2$ für $x=DA$. Ferner sei $U=U_0$ und $v=v_0$ für den Punct A, $U=U_1$ und $v=v_1$ für den Punct M, $U=U_2$ und $v=v_2$ für den Punct D, $U=U_3$ und $v=v_3$ für den Punct Q und $U=U_4$ und $v=v_4$ für den Punct A nach einem *ganzen* Umlauf der Kurbel.

α. Alsdann ist zunächst für die Bewegung von A bis M nach (182. 1.)

$$183. \qquad X_0+Y_0-U_0 = \frac{Q}{4g}v_0^2+C; \quad \text{also} \quad C = X_0+Y_0-U_0-\frac{Q}{4g}v_0^2,$$

und folglich in (182. 1.) von A bis M,

$$184. \qquad X_1-X_0+Y_1-Y_0-U_1+U_0 = \frac{Q}{4g}(v_1^2-v_0^2).$$

β. Für die Bewegung von M bis D ist nach (182. 1.)

185. $X_1 + Y_1 - U_1 = \frac{Q}{4g} v_1^2 + C$, also $C = X_1 + Y_1 - U_1 - \frac{Q}{4g} v_2^2$,

und in (182. 1.) von M bis D,

186. $X_2 - X_1 + Y_2 - Y_1 - U_2 + U_1 = \frac{Q}{4g}(v_2^2 - v_1^2)$.

γ. Für die Bewegung von D bis Q ist nach (182. 2.)

187. $X_0 - Y_0 - U_2 = \frac{Q}{4g} v_2^2 + C$, also $C = X_0 - Y_0 - U_2 - \frac{Q}{4g} v_2^2$,

und in (182. 2.) von D bis Q,

188. $X_1 - X_0 - Y_1 + Y_0 - U_3 + U_2 = \frac{Q}{4g}(v_3^2 - v_2^2)$.

δ. Für die Bewegung von Q bis A endlich ist nach (182. 2.)

189. $X_1 - Y_1 - U_3 = \frac{Q}{4g} v_3^2 + C$, also $C = X_1 - Y_1 - U_3 - \frac{Q}{4g} v_3^2$,

und in (182. 2.) von Q bis A,

190. $X_2 - X_1 - Y_2 + Y_1 - U_4 + U_3 = \frac{Q}{4g}(v_4^2 - v_3^2)$.

E. Nimmt man von (184. 186. 188. und 190.) die *Summe*, so ergiebt sich

191. $2(X_2 - X_0) - U_4 + U_0 = \frac{Q}{4g}(v_4^2 - v_0^2)$.

192. Wäre nicht in A, M, D, Q und A sondern in M, D, Q und A und M
$v = v_0\ v_1\ v_2\ v_3$ und v_4 $v = v_0\ v_1\ v_2\ v_2$ und v_4
so hätte man statt (186. 188. 190. und 184.) folgende Ausdrücke gehabt:

193.
$$\begin{cases} 1.\ X_2 - X_1 + Y_2 - Y_1 - U_2 + U_1 = \frac{Q}{4g}(v_1^2 - v_0^2), \\ 2.\ X_1 - X_0 - Y_1 + Y_0 - U_1 + U_0 = \frac{Q}{4g}(v_2^2 - v_1^2), \\ 3.\ X_2 - X_1 - Y_2 + Y_1 - U_3 + U_2 = \frac{Q}{4g}(v_3^2 - v_2^2) \text{ und} \\ 4.\ X_1 - X_0 + Y_1 - Y_0 - U_4 + U_3 = \frac{Q}{4g}(v_4^2 - v_3^2), \end{cases}$$

und hiervon ist die *Summe* ebenfalls

194. $2(X_2 - X_0) - U_4 + U_0 = \frac{Q}{4g}(v_4^2 - v_0^2)$;

wie in (191.). Es hat also $\frac{Q}{4g}(v_4^2 - v_0^2)$ immer *denselben* Werth, von welchem Puncte des Umfanges auch die Bewegung anfangen mag, und daraus folgt, dafs die *beiden* unter rechten Winkeln stehenden Kurbeln während eines gan-

zen Umlaufs des Triebrades *dieselbe* Beschleunigung hervorbringen; so dafs man also die Kraft p *eines einzelnen* Cylinders als auf die *halbe* Masse $\frac{1}{2}Q$ wirkend betrachten kann und folglich p für die *ganze* Masse Q gleich der auf die *beiden* Kolben wirkenden Kraft setzen mufs.

F. Für den zweiten, so wie für *jeden* folgenden ferneren Umlauf der Kurbel haben X_2 und X_0 immer *dieselben* Werthe.

Bezeichnet man daher die Geschwindigkeit des Kurbelarm-Endes nach dem $m$ten Umlaufe durch $v_{m,4}$, so giebt (194.) der Reihe nach

$$195.\quad \left\{\begin{array}{l} 2(X_2-X_0) = \frac{Q}{4g}(v_4^2-v_0^2)+U_4-U_0, \\ 2(X_2-X_0) = \frac{Q}{4g}(v_8^2-v_4^2)+U_8-U_4, \\ 2(X_2-X_0) = \frac{Q}{4g}(v_{12}^2-v_4^2)+U_{12}-U_8, \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ 2(X_2-X_0) = \frac{Q}{4g}v_{m,4}^2-v_{m-1,4}^2)+U_{m,4}-U_{m-1,4} \end{array}\right.$$

und, von diesen m Ausdrücken die Summe genommen, giebt

$$196.\quad 2m(X_2-X_0) = \frac{Q}{4g}(v_{m,4}-v_0^2)+U_{m-4}-U_0,$$

und wenn man von dem Anfang der Bewegung oder von der Ruhe anrechnet, $v_0=0$ setzt und für die Geschwindigkeit am Ende des $m$ten Umlaufs blofs v schreibt

$$197.\quad 2m(X_2-X_0) = \frac{Qv^2}{4g}+U_{m,4}-U_0.$$

G. Es war $\partial U=+\frac{ZD}{\lambda}\partial s$ (*D.*), also ist

$$198.\quad U = +\frac{ZD}{\lambda}.s.$$

Für den Punct D ist $s=0$, also $U_0=0$. Nach m Umläufen der Kurbel ist $s=m\pi\lambda$, also ist $U_{m,4}=+m\pi\lambda.\frac{ZD}{\lambda}=m\pi ZD$ und folglich giebt (197.)

$$199.\quad 2m(X_2-X_0)-m\pi ZD = \frac{Qv^2}{4g}.$$

H. Die Geschwindigkeit v ist die des *Kurbelarm-Endes*. Bezeichnet man die zu derselben gehörende Geschwindigkeit des *Triebrad-Umfanges* durch c, so ist

$$200.\quad c = v\frac{D}{\lambda} \quad \text{und} \quad v = c\frac{\lambda}{D}.$$

Und bezeichnet man die Länge der Bahnstrecke, welche durch die m Umläufe der Kurbel und folglich des Triebrades zurückgelegt wird, durch L, so ist

$$201. \quad L = m\pi D \quad \text{also} \quad m = \frac{L}{\pi D}.$$

Dieses in (199.) gesetzt, giebt $\frac{2L}{\pi D}(X_2 - X_0 - \frac{1}{2}\pi ZD) = \frac{Q}{4g}c^2\frac{\lambda^2}{D^2}$ oder

$$202. \quad \frac{2LD}{\pi\lambda^2 Q}(X_2 - X_0 - \tfrac{1}{2}\pi ZD = \frac{c^2}{4g} = H_2,$$

wenn H_2 die zu der Geschwindigkeit c gehörige *freie Fallhöhe* ist.

Dieser Ausdruck der Geschwindigkeit c, welche in m Umläufen der Triebräder durch den Druck p der Luft auf einen der Cylinderkolben von der Ruhe an hervorgebracht wird, *gilt allgemein, was auch p sein mag, constant oder veränderlich.*

I. Hier in dem gegenwärtigen Falle ist p durch den ganzen Kolbenlauf *constant*, und zwar ist die auf *beide* Kolben wirkende Kraft

$$203. \quad p = \tfrac{1}{4}\pi\Delta^2\mu\sigma \quad (152),$$

also ist hier das Integral X von $p\partial x$ (182.) $= \frac{1}{2}\pi\Delta^2\mu\sigma\partial x$,

$$204. \quad X = \tfrac{1}{2}\pi\Delta^2\mu\sigma x$$

und folglich

205. $X_0 = 0$ für $x = 0$ und $X_2 = \frac{1}{2}\pi\Delta^2\lambda\mu\sigma$ für $x = AD = \lambda$.

Demnach giebt hier der Ausdruck (202.)

$$206. \quad \frac{2LD}{\pi\lambda^2 Q}(\tfrac{1}{2}\pi\Delta^2\lambda\mu\sigma - \tfrac{1}{2}\pi ZD) = \frac{LD}{\lambda^2 Q}(\Delta^2\lambda\mu\sigma - ZD) = \frac{c^2}{4g} = H_2.$$

K. Bei jedem Rad-Umlauf werden 4 Cylinder voll Luft verbraucht, also $4.\frac{1}{4}\pi\Delta^2\lambda = \pi\Delta^2\lambda$ Cub. F. Luft von der Spannung $1+\mu$ oder $(1+\mu)\pi\Delta^2\lambda$ Cub. F. *atmosphärische* Luft; bei $m = \frac{L}{\pi D}$ (200.) Umläufen also, auf die Länge L,

$$207. \quad S_4 = \frac{L}{\pi D}(1+\mu)\pi\Delta^2\lambda = \frac{L\Delta^2\lambda}{D}(1+\mu) \text{ Cub. F. atmosphärische Luft.}$$

Aus (206.) folgt

$$208. \quad L = \frac{c^2}{4g}\cdot\frac{\lambda^2 Q}{D(\Delta^2\lambda\mu\sigma - ZD)}$$

und dies, in (207.) gesetzt, giebt

$$209. \quad S_4 = \frac{c^2}{4g}\cdot\frac{\Delta^2\lambda^2 Q(1+\mu)}{D^2(\Delta^2\lambda\mu\sigma - ZD)} \text{ C. F. atmosphärische Luft.}$$

L. Es bedeutet hier Z die Zugkraft, welche gerade an der *Stelle* der Bahn nöthig ist, wo die Geschwindigkeit c hervorgebracht werden soll, und μ ist die Spannung der Luft für die *stärkste* Zugkraft. Bezeichnet man diese letztere zum Unterschiede durch

$$210. \quad Z_m = Q(n + \operatorname{tang}\beta_m),$$

während an der Stelle, wo die Geschwindigkeit hervorzubringen ist,

$$211. \quad Z = Q(n + \operatorname{tang}\beta)$$

ist, so ist für Z_m aus (155.)

$$212. \quad Z_m D = \Delta^2 \lambda \mu \sigma,$$

was

$$213. \quad \mu = \frac{Z_m D}{\Delta^2 \lambda \sigma}$$

giebt. Dieses in (209.) gesetzt, giebt

$$214. \quad S_4 = \frac{c^2}{4g} \cdot \frac{\Delta^2 \lambda^3 Q\left(1 + \frac{Z_m D}{\Delta^2 \lambda \sigma}\right)}{D^3 (Z_m - Z)} = \frac{c^2}{4g} \cdot \frac{\lambda^2 Q(\Delta^2 \lambda \sigma + Z_m D)}{D^3 \sigma (Z_m - Z)}$$

oder, die Werthe von Z_m und Z aus (210. und 211.) gesetzt,

$$215. \quad S_4 = \frac{c^2}{4g} \cdot \frac{\lambda^2 (\Delta^2 \lambda \sigma + QD(n + \operatorname{tang}\beta_m))}{D^3 \sigma (\operatorname{tang}\beta_m - \operatorname{tang}\beta)}$$

$$= \frac{H_2}{\operatorname{tang}\beta_m - \operatorname{tang}\beta}\left[\Delta_2 \frac{\lambda}{D} + \frac{Q}{\sigma}(n + \operatorname{tang}\beta_m)\right]\frac{\lambda^2}{D^2}.$$

Dieses ist die noch zur Hervorbringung der der freien Fallhöhe H_2 entsprechenden Geschwindigkeit c nöthige Masse atmosphärischer Luft.

M. Auch hier hat die Länge a der *Bläuelstange*, wie man sieht, auf das Resultat keinen Einfluſs.

N. Regelt der Führer des Wagenzuges die Zulassung der Luft aus dem groſsen Behälter genau so, daſs die Geschwindigkeit der Bewegung *nicht abnimmt*, selbst bei dem *Einpumpen* nicht, wo es vorkommt, so ist für die ganze Fahrt keine weitere Zulage zu dem Luftbedarf nöthig, als die S_4 (215.). Aber auch wenn der Führer die Geschwindigkeit abnehmen läſst, entsteht wegen der Wiederhervorbringung der vollen Geschwindigkeit im allgemeinen noch kein Mehrbedarf an Luft: denn eben so viel Kraft als zur Wiederhervorbringung der Geschwindigkeit nothwendig ist, ist durch die Verminderung der eigentlich nöthigen Kraft, welche die Abnahme der Geschwindigkeit zur Folge hatte, erspart worden. *Streng genommen* ist sogar überhaupt wegen der zur ersten Hervorbringung der Geschwindigkeit nöthigen Luftmasse eigentlich *kein*

Zuschufs zu der blofs für die Zugkraft nöthigen Luftmasse nothwendig: denn am ***Schluſs*** der Fahrt würde, wenn man dort die Geschwindigkeit allmälig bis zu Null abnehmen liefse, wieder eben so viel erspart werden, als am Anfange der Fahrt zur Hervorbringung der Geschwindigkeit nöthig war; inzwischen ist darauf in der Praxis nicht zu rechnen, und es kann sogar noch mehrere Ausnahmen geben, nemlich wenn ***gehemmt*** werden mufs; was sich aber nur schätzen, nicht mit einiger Sicherheit berechnen läfst. Für alle Fälle setzen wir hier die zur Hervorbringung der verlangten Geschwindigkeit nöthige Luftmasse ganz als ***Zuschufs*** an.

37.

A. Der Luftbedarf S_4 (215.) zur Hervorbringung der Geschwindigkeit c mufs nun noch in (174.) hinzugethan werden und dies giebt

$$216.\quad S = (L - L_2 - 2L_3)\frac{\Delta^2\lambda}{D} + [(L - L_2 - L_3)n + H_1]\frac{Q}{\sigma} + \frac{H^2}{\tang\beta_m - \tang\beta}\cdot\frac{\lambda^2}{D^2}\left(\Delta^2\cdot\frac{\lambda}{D} + \frac{Q}{\sigma}(n + \tang\beta_m)\right)$$

C. F. ***atmosphärische*** Luft, welche nöthig ist, den Wagenzug vom Gewicht Q durch die Länge von L Fufs einer Eisenbahn zu treiben.

217.
- L ist die Länge der ganzen Bahn;
- L_2 ist die Gesammtlänge der Strecken, in welchen $\tang\beta = -n$ ist;
- L_3 ist die Gesammtlänge der Strecken, in welchen $\tang\beta < -n$ ist;
- H_1 ist die ***algebraische*** Summe des Steigens und Fallens der Strecken, in welchen $\tang\beta > -n$ ist;
- H_2 ist die freie Fallhöhe $\frac{c^2}{4g}$, welche die verlangte Geschwindigkeit c der Fahrt hervorbringt;
- n ist $= \frac{1}{210}$ (128.), $\sigma = 1980$ (15.) $= 18.110$;
- Δ ist der Durchmesser der Cylinder, λ ihre Länge, D der Durchmesser der Triebräder.
- β_m ist die ***stärkste*** Steigung der Bahn, β der Abhang am Anfange, nemlich an der Stelle, wo die Geschwindigkeit c hervorgebracht werden soll.

B. Es läfst sich auch S (226.) wie folgt noch auf eine andere Art ausdrücken. Es ist nemlich aus (156.)

$$218.\quad \frac{\Delta^2\lambda}{D} = \frac{Q}{\sigma\mu_m}(n + \tang\beta_m).$$

Dies und den Werth von S_4, in der Gestalt (209.), in (216.) gesetzt, giebt

$$219. \quad S = \left[(L - L_2 - 2L_3)\frac{n + \tang\beta_m}{\mu_m} + (L - L_2 - L_3)n + H_1\right]\frac{Q}{\sigma} + H_2\frac{\Delta^2\lambda^2 Q(1+\mu_m)}{D^2(\Delta^2\lambda\mu_m\sigma - ZD)}.$$

Hieraus folgt, dafs der Bedarf an Luft im allgemeinen um so *kleiner* ist, je *stärker* man die Spannung μ in den Behältern angenommen hat; und aus (216.) folgt, dafs der Luftbedarf um so kleiner ist, je kleiner die Cylinder und je gröfser die Triebräder sind.

C. Zu bemerken ist noch, dafs man für die Ausübung einen *Überschufs* an Luftvorrath ansetzen mufs, *für unvorhergesehene Fälle;* z. B. nicht blofs, wenn öfter gehemmt werden *mufs,* sondern auch um gelegentlich eine noch etwas stärkere Fracht fortzubringen. Wir setzen 10 pr. C. an. *Verloren* geht dieser Überschufs nicht immer, sondern bleibt, wenn er nicht gebraucht wird, für die folgende Fahrt in dem Behälter.

D. Beispiel. Ich will ein solches an einer wirklichen Eisenbahn nehmen, und zwar an der *zwischen Berlin und Potsdam,* die mir am genausten bekannt ist, weil ich selbst sie entworfen und gebaut habe.

Diese Eisenbahn ist 7000 R. = 84000 F. lang, also ist für sie $L = 84000$. Es kommt auf ihr nirgend ein Abhang vor, der stärker wäre als $n = \frac{1}{250}$. Der *stärkste* Abhang ist 1 auf 300, also ist $\tang\beta_m = \frac{1}{300}$ und L_2 und L_3 sind Null. Die Anfänge der Bahn sind horizontal, so dafs $\beta = 0$ ist. Der Endpunct bei Potsdam liegt 7 F. höher als der Anfangspunct bei Berlin, mithin ist für die Fahrt von Berlin nach Potsdam $H_1 = +7$ und für die Fahrt von Potsdam nach Berlin $H_1 = -7$.

Nehmen wir nur einen Luftwagen an, in welchem der Durchmesser der Cylinder 9 Zoll, die Länge der Cylinder 12 Zoll, der Durchmesser des Triebrades 5 F. ist, so ist $\Delta = \frac{3}{4}$, $\lambda = 1$, $D = 5$. Es werde gesetzt, dieser Luftwagen solle 1800 Ctr., sein eigenes Gewicht eingeschlossen, mit einer Geschwindigkeit von 6 Meilen in der Stunde oder 40 F. in der Secunde fortzuschaffen vermögen; was für Ausnahmefälle zu rechnen sein wird, wenn gleich die gewöhnliche Geschwindigkeit nur etwa $4\frac{1}{2}$ Meilen in der Stunde beträgt. Alsdann ist

$$Q = 1800.110 \quad \text{und} \quad c = 40, \quad \text{also} \quad H_2 = \frac{c^2}{4g} = \frac{40.40}{4.15\frac{1}{2}} = 24\frac{1}{3}.$$

Dieses zusammengenommen giebt zunächst nach (157.)

$$220. \quad \mu_m = \frac{1800.110.5}{18.100.1.\frac{3}{4}.\frac{1}{2}}\left(\tfrac{1}{250} + \tfrac{1}{300}\right) = 6\tfrac{11}{17}.$$

Die Luft würde also hier in dem grofsen Behälter bis auf $6\frac{1}{2}\frac{1}{7}$ Atmosphären wirksamer Spannung zusammengepreſst werden müssen. Sodann ist nach (219.)

$$221. \quad S = \left[84000.\frac{\frac{1}{180}+\frac{1}{300}}{6\frac{1}{2}\frac{1}{7}}+84000.\frac{1}{180}\pm 7\right]\frac{1800.110}{18.110}$$

$$+24\frac{4}{5}.\frac{\frac{1}{2}.\frac{1}{2}.1800.110.7\frac{1}{2}\frac{1}{7}}{5.5(\frac{1}{2}.\frac{1}{2}.1.18.110.6\frac{1}{2}\frac{1}{7}-5.\frac{1}{180}.1800.110)}.$$

Dieses giebt

$$222. \quad \begin{cases} 1. & 43952 \text{ C. F. atmosphärische Luft für die Fahrt von Berlin nach Potsdam und} \\ 2. & 42552 \text{ C. F. für die Fahrt von Potsdam nach Berlin.} \end{cases}$$

c. Von den vortheilhaftesten Gefällen der Bahn für Luftwagen von der *ersten* Art.

38.

Da für Gefälle $\text{tang}\beta = -n$ ***keine*** Luft beim Hinabfahren aus dem Behälter nöthig ist und für Gefälle $\text{tang}\beta < -n$ sogar durch den Überschufs an Triebkraft noch Luft in den Behälter eingepumpt wird, während der Behälter für *alle andern, schwächern* Gefälle auch zum ***Hinabfahren*** Luft herzugeben hat, so entsteht hier die Frage, ob nicht, die ***Hin- und Rückfahrt*** wie gehörig ***zusammen*** in Anschlag gebracht, unter diesen oder jenen Umständen ***stärkere*** Gefälle sogar besser sein können, als ***schwächere:*** denn, wenn z. B. ein Gefälle ***schwächer*** ist als n, so wird bei der Bergabfahrt sowohl, als bei der Berganfahrt, Luft aus dem Behälter gezogen: dagegen, wenn das Gefälle ***stärker*** als n ist, nur bei der ***Berganfahrt,*** während man bei der Hinabfahrt sogar noch Luft gewinnt. Desgleichen entsteht die Frage, ob es nicht besser sei, an einer Anhöhe, statt sie mit *gleichförmigem* Gefälle zu ersteigen, der Bahn auf einen Theil der Länge einen ***schwächern*** und dem Rest einen ***stärkern*** Abhang zu geben u. s. w. Dieses ist zu untersuchen, und zwar allgemein für die verschiedenen Umstände, die vorkommen können.

Die auf die Länge L mit dem Abhange $\text{tang}\beta$ zu ersteigende Höhe sei wie oben $= h$. ***Der Kürze wegen wollen wir blofs β statt $\text{tang}\beta$ schreiben,*** so dafs also

$$223. \quad L\beta = h$$

ist. Ist die Länge L für zwei verschiedene Gefälle β_1 und β_2 in zwei Theile L_1 und L_2 getheilt, so sei eben so

$$224. \quad L_1\beta_1 = h_1 \text{ und } L_2\beta_2 = h_2.$$

Es ist alsdann

225. $L\beta = L_1\beta_1 + L_2\beta_2 = h = h_1 + h_2$ und

226. $L = L_1 + L_2$.

Ferner sei das Gewicht des Wagenzuges auf der *Hinfahrt* Q_1 und auf der *Rückfahrt* Q_2 und der Kürze wegen

227. $\frac{Q_1}{\sigma} = k_1$ und $\frac{Q_2}{\sigma} = k_2$, desgleichen in (169. 170. und 171.)

228. $\frac{\Delta^2\lambda}{D} = \eta$.

Der *Luftbedarf* auf der *Hinfahrt* sei für die ganze Strecke L, mit *unveränderlichem* Gefälle β, gleich A, auf der *Rückfahrt* B, und eben so für die einzelnen Strecken L_1 und L_2 gleich A_1, B_1 und A_2, B_2. Ferner sei

229. $A + B = C$ und

230. $A_1 + B_1 = C_1$, $A_2 + B_2 = C_2$, desgleichen

231. $C - (C_1 + C_2) = \Sigma$;

wo dann Σ ausdrückt, was etwa für das *gleichförmige* Gefälle p an Luft mehr oder weniger nöthig sein mag, als für die *verschiedenen* Gefälle β_1 und β_2 der getheilten Strecke.

39.

Wir betrachten zuerst den Fall, wo die Höhe h mit dem *unveränderlichen* Gefälle β zu ersteigen ist.

A. Das Gefälle β ist immer positiv und kann 0, $< n$, n und $> n$ sein. Für diese vier verschiedenen Fälle ist

232.
1. $A = L(\eta + nk_1)$ (169.) und $B = L(\eta + nk_2)$ (169.) für β oder $h = 0$;
2. $A = L(\eta + nk_1) + L\beta k_1$ (169.) und $B = L(\eta + nk_2) - L\beta k_2$ für $\beta < n$;
3. $A = L(\eta + nk_1) + Lnk_1$ (169.) und $B = 0$ (170.) für $\beta = n$;
4. $A = L(\eta + nk_1) + L\beta k_1$ (169.) und $B = -L\eta$ für $\beta > n$.

Der gesammte Luftbedarf $A + B = C$ (229.) ist also in diesen vier verschiedenen Fällen

233.
1. $C = (L2\eta + n(k_1 + k_2))$ für $\beta = 0$;
2. $C = L(2\eta + n(k_1 + k_2) + \beta(k_1 - k_2))$ für $\beta < n$;
3. $C = L(\eta + 2nk_1)$ für $\beta = n$;
4. $C = Lk_1(n + \beta)$ für $\beta > n$.

B. Sind die Ladungen Q bei der Hin- und Rückfahrt *gleich schwer*, so dafs

$$234. \quad k_1 = k_2 = k$$

ist, so ist in (233.)

$$235. \quad \begin{cases} 1. & C = 2L(\eta + nk) & \text{für} & \beta = 0; \\ 2. & C = 2L(\eta + nk) & \text{für} & \beta < n; \\ 3. & C = L(\eta + 2nk) & \text{für} & \beta = n; \\ 4. & C = Lk(n + \beta) & \text{für} & \beta > n. \end{cases}$$

C. Gehen etwa nur bergan ***beladene,*** bergab blofs ***leere*** Wagen, die in der Regel ein ***Drittheil*** des Gewichts der beladenen haben, so dafs

$$236. \quad k_2 = \tfrac{1}{3}k.$$

ist, so ist in (233.)

$$237. \quad \begin{cases} 1. & C = L(2\eta + \tfrac{4}{3}nk_1) & \text{für} & \beta = 0; \\ 2. & C = L(2\eta + \tfrac{2}{3}(2n + \beta)k_1) & \text{für} & \beta < n; \\ 3. & C = L(\eta + 2nk) & \text{für} & \beta = n; \\ 4. & C = Lk_1(n + \beta) & \text{für} & \beta > n. \end{cases}$$

D. Aus diesen Formeln ergeben sich schon merkwürdige Folgerungen. Zum Beispiel aus (235.), für den Fall, wo die Rückfracht der Hinfracht ***gleich*** ist, welcher meistens Statt finden wird, folgt, dafs der Luftbedarf ***ganz derselbe*** ist, die Bahn mag ***horizontal*** liegen, oder um weniger als $n = \frac{1}{150} = 0{,}004$ ***steigen.*** Ferner, dafs der Luftbedarf sogar um $L\eta$ ***geringer*** ist, wenn die Bahn ***gerade 1 auf 250 steigt,*** als wenn sie ***horizontal*** liegt. Endlich folgt aus (235. 1. und 4.), wenn man Eins dem Andern ***gleich*** setzt, $2(\eta + nk) = k(n + \beta)$, also

$$238. \quad \beta = \frac{2\eta + nk}{k} = n + \frac{2\eta}{k},$$

so dafs die Bahn sogar noch um $\frac{2\eta}{k}$ ***mehr*** als $\frac{1}{150}$ steigen kann, ohne dafs der Luftbedarf gröfser wäre, als für eine ***horizontale*** Bahn.

Es ist also hier für den Luftwagen gar nicht nöthig, dafs man etwa durch tiefe Einschnitte in Anhöhen sehr schwache Gefälle zu erzielen suche; sondern das Gefälle 1 auf 250 ist sogar ***vortheilhafter,*** als ein schwächeres, selbst als die ***horizontale*** Lage; und sogar das Gefälle $n + \frac{2\eta}{k}$ erfordert noch nicht mehr Kraft, als letztere. Diese Umstände können sehr bedeutende Ersparungen an den Kosten des ***Bahndammes*** zur Folge haben.

E. Wir wollen eine Bahn von 4000 F. lang zum Beispiele nehmen. Die Ladung Q sei 1800 Ctr. = 1800.110 Pfd. Für den Luftwagen setze man $\Delta = \frac{3}{4}$, $\lambda = 1$ und $D = 5$ F. Dann ist für die obigen Ausdrücke

239. $L = 4000$, $Q = 1800.110$, $\frac{Q}{\sigma} = k = \frac{1800.110}{18.110}(15.) = 100$,

$$\eta = \frac{3.3.1}{4.4.5} = \frac{9}{80} = 0{,}1125, \quad n = 0{,}004$$

und (235. und 237.) geben folgenden Luftbedarf für die Hin- und Rückfahrt

	Wenn Hin- und Rückfracht gleich sind.	Wenn nur leere Wagen bergab fahren.	
1.	$C = 4100$ C. F.,	$= 3033\frac{1}{3}$ C. F.	wenn die Bahn *horizontal* liegt,
2.	$C = 4100$ C. F.,	$= 3922\frac{2}{3}$ C. F.	wenn sie etwa 1 auf 300 *steigt,*
3.	$C = 3650$ C. F.,	$= 3650$ C. F.	wenn sie gerade 1 auf 250 *steigt,*
4.	$C = 4100$ C. F.,	$= 4100$ C. F.	wenn sie $\frac{1}{250} + \frac{9}{40.100} = 1$ auf 160 *steigt.*

240.

Also, wenn die Bahn das ansehnliche Gefälle von 1 auf 160 hat, ist in dem Falle, wo Hin- und Rückfracht gleich sind, noch ***nicht mehr*** Kraft nöthig, als wenn sie ***horizontal*** liegt, so dafs eine Anhöhe von $\frac{4000}{160} = 25$ F. hoch *gar* ***keines*** Einschnittes bedarf. Und wenn man die Bahn 1 auf 250 steigen läfst, so sind sogar $4100 - 3650 = 450$ C. F. Luft oder etwa 11 pr. C. ***weniger*** nöthig, als für die ***horizontale*** Lage; auch erspart man an diesem Luftbedarf noch, wenn man in eine $\frac{4000}{250} = 16$ F. hohe Anhöhe gar keinen Einschnitt oder in eine 25 F. hohe Anhöhe den Einschnitt statt 25 F. nur 9 F. tief macht.

40.

Wir kommen zu der zweiten Frage, ob und in wie fern es besser sei, eine Anhöhe mit einem ***unveränderlichen*** Gefälle, oder mit ***zwei verschiedenen*** Gefällen zu ersteigen.

A. Die ***erste*** Strecke L_1 wird man niemals ***stärker*** steigen lassen wollen, als die ***ganze*** Strecke L steigen müfste, weil sonst in der Regel nicht ***weniger,*** sondern ***mehr Damm-Arbeit*** nöthig sein würde. Die ***zweite*** Strecke L_2 mufs also nothwendig ***immer*** steigen, und zwar um ***mehr*** als β; und folglich ist β_2 ***immer*** > 0. Dagegen β_1, obgleich immer $< \beta$, kann sowohl positiv als negativ sein, denn man kann die erste Strecke auch ***fallen*** lassen. Je nachdem also β selbst, $= 0$ oder $< n$ oder $= n$ oder $> n$ ist, können zusammen folgende Fälle Statt finden.

I. Für $\beta = 0$ und

241.

Für $\beta_2 > 0 < n$.	Für $\beta_2 = n$.	Für $\beta_2 > n$.
1. $\beta_1 < 0 > -n$;	4. $\beta_1 < 0 > -n$;	7. $\beta_1 < 0 > -n$;
2. $\beta_1 = -n$;	5. $\beta_1 = -n$;	8. $\beta_1 = -n$;
3. $\beta_1 < -n$.	6. $\beta_1 < -n$.	9. $\beta_1 < -n$.

II. Für $\beta > 0 < n$ und

242.

Für $\beta_2 > 0 < n$.	Für $\beta_2 = n$.	Für $\beta_2 > n$.
10. $\beta_1 > 0 < n$;	15. $\beta_1 > 0 < n$;	20. $\beta_1 > 0 < n$;
11. $\beta_1 = 0$;	16. $\beta_1 = 0$;	21. $\beta_1 = 0$;
12. $\beta_1 < 0 > -n$;	17. $\beta_1 < 0 > -n$;	22. $\beta_1 < 0 > -n$;
13. $\beta_1 = -n$;	18. $\beta_1 = -n$;	23. $\beta_1 = -n$;
14. $\beta_1 < -n$.	19. $\beta_1 < -n$.	24. $\beta_1 < -n$.

III. Für $\beta = n$ und

243.

Für $\beta_2 > n$.
25. $\beta_1 > 0 < n$;
26. $\beta_1 = 0$;
27. $\beta_1 < 0 > -n$;
28. $\beta_1 = -n$;
29. $\beta_1 < -n$.

IV. Für $\beta > n$ und

244.

Für $\beta_2 > n$.
30. $\beta_1 > n$;
31. $\beta_1 = n$;
32. $\beta_1 > 0 < n$;
33. $\beta_1 = 0$;
34. $\beta_1 < 0 > -n$;
35. $\beta_1 = -n$;
36. $\beta_1 < -n$.

B. Für β_2 kommen also nur 3, für β_1 dagegen 7 verschiedene Fälle vor. Für die 3 verschiedenen Fälle von β_2 passen *ganz* die Formeln (233. 2. 3. 4.), indem β_2, eben wie β, *immer positiv* ist; nur ist hier L_2 statt L und β_2 statt β zu setzen: also ist für die Hin- und Rückfahrt auf der *zweiten* Strecke L_2:

245.

1. $C_2 = L_2(2\eta + n(k_1 + k_2) + \beta_2(k_1 - k_2))$	für	$\beta_2 > 0 < n$,
2. $C_2 = L_2(\eta + 2nk_1)$	für	$\beta_2 = n$ und
3. $C_2 = L_2 k_1 (n + \beta_2)$	für	$\beta_2 > n$.

Für die 7 verschiedenen Fälle von β_1 ergeben sich die Werthe von C_1 ebenfalls aus (233.), wenn man nur beobachtet, dafs es, falls die erste Strecke *fällt*, zwar für die Hin- und Rückfracht *zusammen* eben so ist, als wenn sie um gleichviel *stiege;* jedoch mit dem Unterschiede, dafs, wenn man die Strecke als *steigend* statt *fallend* betrachtet, die *Rückfracht* an die Stelle der *Hinfracht* gesetzt und dem β das entgegengesetzte Zeichen gegeben werden mufs. Diesemnach ist

246.
$$\begin{cases} 1. & C_1 = L_1 k_1 (n+\beta_1) \ldots\ldots\ldots \text{ für } \beta_1 > n; \\ 2. & C_1 = L_1(\eta + 2nk_1) \ldots\ldots\ldots \text{ für } \beta_1 = n; \\ 3. & C_1 = L_1(2\eta + n(k_1+k_2) + \beta_1(k_1-k_2)) \text{ für } \beta_1 > 0 < n; \\ 4. & C_1 = L_1(2\eta + n(k_1+k_2)) \ldots\ldots \text{ für } \beta_1 = 0; \\ 5. & C_1 = L_1(2\eta + n(k_1+k_2) + \beta_1(k_1-k_2)) \text{ für } \beta_1 < 0 > -n; \\ 6. & C_1 = L_1(\eta + 2nk_2) \ldots\ldots\ldots \text{ für } \beta_1 = -n; \\ 7. & C_1 = L_1 k_2 (n-\beta_1) \ldots\ldots\ldots \text{ für } \beta_1 < -n. \end{cases}$$

Hienach kann man nun für die obigen Fälle C_1 und C_2 und, von den zugehörigen C (233.) abgezogen, Σ (231.) finden. Da sich indessen schon in §. (39.) gezeigt hat, dafs die *vortheilhaftesten* Fälle die sind, wo die Bahn *gerade um n*, oder um *mehr als n* steigt oder fällt, so wollen wir, um den Raum zu sparen, nur einige von denjenigen Fällen berücksichtigen, wo für die verschiedenen β, die Gefälle β_1 und β_2 entweder gerade $= \pm n$ oder $> n$ oder $< -n$ sind und zwar die Fälle 5, 6, 9, 18, 28 und 31.

C. Zuvor sind aber noch die Bedingungen zu suchen, welche für *bestimmte* β, β_1 und β_2 zwischen L, L_1 und L_2 Statt finden. Dieselben finden sich aus (225. und 226.). Es giebt nemlich (225.) vermöge (226.)

247. $L\beta = L_1\beta_1 + (L-L_1)\beta_2$ und $L\beta = (L-L_2)\beta_1 + L_2\beta_2$,

und daraus folgt

248. $$L_1 = L\frac{\beta_2-\beta}{\beta_2-\beta_1} \quad \text{und} \quad L_2 = L\frac{\beta-\beta_1}{\beta_2-\beta_1}.$$

D. a. Fall No. 5., wo $\beta = 0$, $\beta_1 = -n$, $\beta_2 = +n$ *ist.*

Hier ist

249.
$$\begin{cases} 1. & C = L(2\eta + n(k_1+k_2)) \quad (233.\ 1.), \\ 2. & C_1 = L_1(\eta + 2nk_2) \quad (246.\ 6.) \text{ und} \\ 3. & C_2 = L_2(\eta + 2nk_1) \quad (245.\ 2.), \text{ also in (231.)} \end{cases}$$

$\Sigma = 2L\eta - (L_1+L_2)\eta + Ln(k_1+k_2) - 2n(L_1k_2+L_2k_1)$ oder vermöge (226.)

$\Sigma = L\eta + Ln(k_1+k_2) - 2n(L_1k_2+L_2k_1)$

oder, weil hier in (248.) $L_1 = L\frac{n}{n+n} = \frac{1}{2}L$ und $L_2 = L\frac{n}{2n} = \frac{1}{2}L$ ist,

250. $$\Sigma = L\eta.$$

Man erspart also $L\eta$, in dem obigen Beispiel (§. 39. *E.*) $4000.\frac{9}{80} = 450$ C. F. Luft, wenn man die Bahn, statt sie *horizontal* zu legen, auf die *halbe* Länge um $n = 1$ auf 250 *fallen* und auf die andere halbe Länge wieder um eben so viel *steigen* läfst.

b. Fall No. 6., wo $\beta = 0$, $\beta_1 < -n$, $\beta_2 = +n$ *ist.*

Hier ist

251.
$$\begin{cases} 1. & C = L(2\eta + n(k_1 + k_2)) \text{ (233. 1.)}, \\ 2. & C_1 = L_1 k_2 (n - \beta_1) \text{ (246. 7.)}, \\ 3. & C_2 = L_2(\eta + 2nk_1) \text{ (245. 2.), also in (231.)} \end{cases}$$

$$\Sigma = 2L\eta + Lnk_1 + Lnk_2 - L_1 nk_2 + L_1\beta_1 k_2 - L_2\eta - 2L_2 nk_1 \text{ oder}$$
$$\Sigma = \eta(2L - L_2) + (L - 2L_2)nk_1 + (L_2 n + L_1\beta_1)k_2,$$

oder, weil hier $L_1 = L\frac{n}{n-\beta_1}$ und $L_2 = L.\frac{\beta_1}{n-\beta_1}$ ist,

$$\Sigma = L\eta\left(2 + \frac{\beta_1}{n-\beta_1}\right) + L\left(1 + \frac{2\beta_1}{n-\beta_1}\right)nk_1 + L\left(\frac{-n\beta_1}{n-\beta_1} + \frac{n\beta_1}{n-\beta_1}\right)k_2 \text{ oder}$$

252.
$$\Sigma = \frac{L}{n-\beta_1}[\eta(2n - \beta_1) + n((n + \beta_1)k_1)].$$

Bringt man diesen Ausdruck auf die Form

$$\Sigma = \frac{L}{n-\beta_1}[\eta n + \eta(n - \beta_1) - n(n - \beta_1)k_1 + 2n^2 k] \text{ oder}$$

253.
$$\Sigma = L\left[\frac{\eta n + 2n^2 k_1}{n-\beta_1} + \eta - nk_1\right] = L\left[n.\frac{\eta + 2nk_1}{n-\beta_1} + \eta - nk_1\right],$$

so zeigt sich, dafs Σ *um so gröfser* ist, je kleiner $n - \beta_1$, also je *kleiner* der absolute Werth des negativen β_1 ist. Man mufs daher β_1 nur so wenig als möglich $< -n$ annehmen. Setzt man für das obige Beispiel $\beta_1 = -0{,}005$, so ergiebt sich für $k_1 = 100$,

254.
$$\begin{cases} \Sigma = 4000\left[0{,}004\,\frac{0{,}1125 + 0{,}8}{0{,}009} + 0{,}1125 - 0{,}004.100\right] = 470 \text{ C. F. und} \\ L_1 = 4000.\frac{0{,}004}{0{,}009} = 1777\frac{7}{9} \text{ F.}, \quad L_2 = 4000\,\frac{0{,}005}{0{,}009} = 2222\frac{2}{9} \text{ F.} \end{cases}$$

Man spart also 470 C. F. Luft, wenn man die Bahn, statt sie auf 4000 F. lang horizontal zu legen, auf $1777\frac{7}{9}$ F. erst 0,005 oder 1 auf 200 fallen und dann die übrigen $2222\frac{2}{9}$ F. lang 1 auf 250 wieder steigen läfst; also noch etwas mehr, als wenn man sie auf die erste halbe Länge um 1 auf 250 fallen und auf die zweite Hälfte wieder eben so viel steigen läfst.

c. Fall No. 9., wo $\beta = 0$, $\beta_1 < -n$ *und* $\beta_2 > n$ *ist.*

Hier ist

255.
$$\begin{cases} 1. & C = L(2\eta + n(k_1 + k_2)) \text{ (233. 1.)}, \\ 2. & C_1 = L_1 k_2 (n - \beta_1) \text{ (246. 7.)}, \\ 3. & C_2 = L_2 k_1 (n + \beta_2) \text{ (245. 3.), also in (231.)} \end{cases}$$

$$\Sigma = 2\eta L + Lnk_1 + Lnk_2 - L_1nk_2 + L_1\beta_1k_2 - L_2nk_1 - L_2\beta_2k_1 \text{ oder}$$
$$\Sigma = 2\eta L + L_1nk_1 + L_2nk_2 + L_1\beta_1k_2 - L_2\beta_2k_1$$

oder, weil hier $L_1 = L.\frac{\beta_2}{\beta_2-\beta_1}$ und $L_2 = L.\frac{-\beta}{\beta_2-\beta_1}$ ist,

256. $$\Sigma = \frac{L}{\beta_2-\beta_1}[2\eta(\beta_2-\beta_1) + nk_1\beta_2 - \beta_1(nk_2 - \beta_2(k_1+k_2))].$$

Bringt man diesen Ausdruck auf die Form

$$\Sigma = \frac{L}{\beta_2-\beta_1}[nk_1\beta_2 + (2\eta + nk_2 - \beta_2(k_1+k_2))(\beta_2-\beta_1) - \beta_2(nk_2 - \beta_2(k_1+k_2))]$$

oder

257. $$\Sigma = L\left[\beta_2.\frac{n(k_1-k_2)+\beta_2(k_1+k_2)}{\beta_2-\beta_1} + 2\eta + nk_2 - \beta_2(k_1+k_2)\right],$$

so zeigt sich zuerst, dafs Σ für jeden bestimmten Werth von β_2 um so gröfser ist, je kleiner der absolute Werth des negativen β_1 ist. Man mufs also β_1 nur wenig kleiner als n annehmen. Bringt man (256.) auf die Form

$$\Sigma = \frac{L}{\beta_2-\beta_1}[(2\eta + nk_1 + \beta_1(k_1+k_2))(\beta_2-\beta_1) + \beta_1(nk_1 + \beta_1(k_1+k_2)) - \beta_1nk_2]$$

oder

258. $$\Sigma = L\left[\beta_1\frac{n(k_1-k_2)+\beta_1(k_1+k_2)}{\beta_2-\beta_1} + 2\eta + nk_1 + \beta_1(k_1+k_2)\right],$$

so zeigt sich eben so, dafs Σ für jeden bestimmten Werth von β_1 um so gröfser ist, je kleiner man das positive β_2 setzt. Man mufs also β_2 nur wenig gröfser als n annehmen.

Für $\beta_2 = 0{,}005$ und $\beta_1 = -0{,}005$, $k_1 = k_2 = 100$ und $L = 4000$ giebt (256.)

259. $$\Sigma = \frac{4000}{0{,}01}[2.0{,}1125.0{,}01 + (2.0{,}008.0{,}005 - 0{,}005^2.200)] = 500 \text{ C. F.},$$

also noch etwas mehr als im 5ten Falle $\beta = 0$, $\beta_1 = -n$ und $\beta_2 = +n$. Für $-\beta_1 = \beta_2 = 0{,}00045$ würde Σ sogar $= 700$ C. F. sein.

D. Fall No. 18., wo $\beta > 0 < n$, $\beta_1 = -n$ und $\beta_2 = n$ ist.

Hier ist

260.
1. $C = L2(\eta + n(k_1+k_2) + \beta(k_1-k_2))$ (233. 2.),
2. $C_1 = L_1(\eta + 2nk_2)$ (246. 6.),
3. $C_2 = L_2(\eta + 2nk_1)$ (245. 2.), also

$$\Sigma = L\eta + Ln(k_1+k_2) + L\beta(k_1-k_2) - 2n(L_1k_2 + L_2k_1)$$

oder, da hier $L_1 = L.\frac{n-\beta}{2n}$ und $L_2 = L.\frac{\beta+n}{2n}$ ist,

$$\Sigma = L(\eta + n(k_1+k_2) + \beta(k_1-k_2)) - ((n-\beta)k_2 + (n+\beta)k_1) \text{ oder}$$

$$261. \quad \Sigma = L\eta;$$

ganz wie im 5ten Falle.

Ist z. B. $\beta = 0{,}003$, so ist $L_1 = L.\frac{0{,}001}{0{,}008} = \frac{1}{8}L$ und $L_2 = \frac{7}{8}L$. Wenn man also die 4000 F. lange Bahn, statt sie durchweg mit dem Gefälle 0,003 oder 1 auf 333⅓ steigen zu lassen, erst auf 500 F. lang 1 auf 250 fallen und dann auf 3500 F. lang eben so stark steigen läfst, so erspart man $L\eta =$ 450 C. F. Luft.

e. Fall No. 28., wo $\beta = n$, $\beta_1 = -n$, $\beta_2 > n$ ist.

Hier ist

$$262. \quad \begin{cases} 1. & C = L(\eta + 2nk_1) \text{ (233. 3.)}, \\ 2. & C_1 = L_1(\eta + 2nk_2) \text{ (246. 6.)}, \\ 3. & C_2 = L_2k_1(n+\beta_2) \text{ (245. 3.)}, \text{ also in (231.)} \end{cases}$$

$$\Sigma = L(\eta + 2nk_1) - L_1(\eta + 2nk_2) - L_2k_1(n+\beta_2)$$

oder, da hier $L_1 = L.\frac{\beta_2 - n}{\beta_2 + n}$ und $L_2 = L.\frac{n+n}{\beta_2 - n}$ ist,

$$\Sigma = L\left(\eta + 2nk_1 - \frac{(\beta_2 - n)(\eta + 2nk_2) + 2nk_1(n+\beta_2)}{n+\beta_2}\right) \text{ oder}$$

$$\Sigma = \frac{L}{n+\beta_2}[\eta(n+\beta_2) + (n-\beta_2)((\eta + 2nk_2)] \text{ oder}$$

$$263. \quad \Sigma = \frac{2nL}{n+\beta_2}[\eta - k_2(\beta_2 - n)] = 2nL\left[\frac{\eta + 2nk_2}{n+\beta_2} - k_2\right];$$

woraus folgt, dafs man wieder k_2 so klein annehmen mufs als möglich.

Für $\beta_2 = 0{,}005$, $k_2 = 100$, $L = 4000$ ist

$$264. \quad \Sigma = \frac{2.0{,}004.4000}{0{,}009}[0{,}1125 - 100.0{,}001] = 44\frac{4}{9} \text{ C. F.}$$

Hier wird also nur wenig gewonnen.

f. Fall No. 31., wo $\beta > n$, $\beta_1 = +n$, $\beta_2 > n$ ist.

Hier ist

$$265. \quad \begin{cases} 1. & C = Lk_1(n+\beta) \text{ (233. 4.)}, \\ 2. & C_1 = L_1(\eta + 2nk_1) \text{ (246. 2.)}, \\ 3. & C_2 = L_2k_1(n+\beta_2) \text{ (245. 3.)}, \text{ also in (231.)} \end{cases}$$

$$\Sigma = Lk_1(n+\beta) - L_1(\eta + 2nk_1) - L_2k_1(n+\beta_2)$$

oder, da hier $L_1 = L.\frac{\beta_2 - \beta}{\beta_2 - n}$ und $L_2 = L.\frac{\beta - n}{\beta_2 - n}$ ist,

$$\Sigma = L\left[k_1(n+\beta) - \frac{(\beta_2-\beta)(\eta+2nk_1)+(\beta-n)(n+\beta_2)k_1}{\beta_2-n}\right] \text{ oder}$$

$$\Sigma = L\left[k_1(n+\beta)-(\eta+2nk_1)-\frac{n-\beta}{\beta_2-n}(\eta+2nk_1)+\frac{(n-\beta)(n+\beta_2)k_1}{\beta_2-n}\right] \text{ oder}$$

$$\Sigma = L\left[k_1(\beta-n)-\eta-\frac{n-\beta}{\beta_2-n}(\eta+(n-\beta_2)k_1)\right] \text{ oder}$$

$$266. \quad \Sigma = L\eta\left[\frac{\beta-n}{\beta_2-n}-1\right].$$

Da β_2 immer gröfser sein mufs als β, so ist Σ immer ***negativ*** und folglich hier kein Vortheil.

E. Im Allgemeinen findet sich, dafs es, wenn eine Bahn ***stärker*** als $n=1$ auf 250 ***steigen*** mufs, am besten ist, das Gefälle unverändert beizubehalten (Fall 31.). Mufs sie ***grade*** 1 auf 250 steigen, so läfst sich nur wenig sparen, wenn man die Bahn erst auf einen Theil der Länge um 1 auf 250 oder mehr fallen und dann den Rest um so stärker steigen läfst (Fall 28.). Kann dagegen die Bahn nur schwache Gefälle haben, oder selbst horizontal liegen, so gewinnt man ***bedeutend,*** wenn man sie erst fallen und dann wieder steigen läfst. Die Ersparung am Luftbedarf kann 11 und selbst, wie im 9ten Falle, 17 und noch mehrere Procente betragen.

d. Wirkungen des Einpumpens der Luft auf starken Abhängen auf das Hemmen bei Luftwagen erster Art.

41.

Wenn in dem Fall, wo die Schwere auf starken Abhängen den Wagenzug mit einem ***Überschufs*** an Kraft bergab treibt, ***während*** der Fahrt nach der Beschreibung (§. 33. *C.* etc.) Luft in einen kleinen verschlossenen, auf dem Luftwagen befindlichen Behälter ***eingepumpt*** wird, so wird dadurch die Luft in diesem Behälter allmälig ***verdichtet*** und wirkt also den Kolben in den Cylindern allmälig stärker ***entgegen:*** denn nicht die Kolben treiben jetzt den Wagenzug fort, sondern dieser treibt umgekehrt die Kolben in den Cylindern hin und her. Die in dem kleinen Behälter zusammengepreſste Luft ***hemmt*** also die Bewegung des von der Schwere mit einem Überschufs an Kraft bergab getriebenen Wagenzuges.

Dieses läfst sich benutzen, entweder um die Geschwindigkeit der Wagen beim Bergabrollen etwa so zu ***mäfsigen,*** dafs sie, am Fufse eines Abhanges angelangt, keine gröfsere Geschwindigkeit haben, als mit welcher sie ihre Bewegung am Gipfel begannen; oder auch zum ***Hemmen überhaupt;***

selbst beim *Berganfahren:* denn man darf nur nach (§. 33. *E.*) den Zutritt der *zusammengepreſsten* Luft aus dem grofsen Behälter in die Cylinder durch Umdrehung des Hahnes H_1 abschneiden, während derselbe Hahn zugleich der *äuſsern* Luft den Zutritt in die Cylinder öffnet, und dagegen durch den Hahn H_2 der Luft aus den Cylindern den Austritt nach dem kleinen Hemmbehälter öffnen, während wiederum eben dieser Hahn der Luft zugleich den Austritt ins Freie verschliefst: so wird sogleich die forttreibende Kraft in eine hemmende verwandelt und folglich die verlangte Wirkung hervorgebracht. Auch läfst sich, wie leicht zu sehen, zum Hemmbehälter allenfalls einer der Cylinder selbst, die zusammen den grofsen Behälter bilden, benutzen; und zwar zum *schnellen Hemmen* einer von denen, in welchen die Luft noch die *volle* Spannung hat. Dieser Cylinder müfste dann stärker sein als die übrigen.

42.

A. Es ist, um diese Wirkung zu schätzen, der allgemeine Ausdruck der *Geschwindigkeit* nöthig, welche der Wagenzug von seiner anfänglichen Geschwindigkeit noch übrig behält, nachdem das Einpumpen der Luft auf eine gewisse Länge des Laufs, oder auf eine gewisse Zahl von Umdrehungen der Triebräder fortgewährt hat. Aus diesem Ausdruck, in welchem die Gröfse des Hemmbehälters und der durchlaufene Raum vorkommen mufs, wird sich die Gröfse des Behälters und der durchlaufene Raum finden lassen, wenn etwa umgekehrt die Geschwindigkeit, die übrig bleiben soll, gegeben ist.

B. Die Aufgabe ist für die Rechnung *dieselbe,* wie in (§. 36.), wo aus dem Druck der zusammengepreſsten Luft auf die Kolben die durch denselben nach einem gewissen durchlaufenen Raume *hervorgebrachte* Geschwindigkeit gesucht wurde: nur mit dem Unterschiede, dafs hier der Druck der Luft im *Hemm*behälter nicht die Kolben *treibt,* sondern der Zugkraft *entgegen* wirkt, also mit dem *entgegengesetzten Zeichen* genommen werden mufs. Es ist deshalb, statt wie in (199.), hier für den *ersten* Umlauf der Kurbel

$$267. \qquad -2(X_2 - X_0) - \pi Z D = \frac{Q}{4g}(v_1^2 - v_0^2)$$

zu setzen, wenn v_0 die *anfängliche* Geschwindigkeit des Kurbelarm-Endes, v_1 die Endgeschwindigkeit desselben nach dem *ersten* Umlaufe, X das Integral von $p\partial x$, X_0 der Werth dieses Integrals im Puncte A (Fig. 18.), X_2 der Werth desselben im Puncte D, und p den Druck der Luft im Hemmbehälter auf die *zwei* Kolben bezeichnet. Für die folgenden Umläufe *ändern* sich X und v.

C. Der Druck der Luft p auf die Kolben ist hier ***nicht*** wie in (§. 36.) constant, sondern ***nimmt fortwährend zu,*** so wie mehr und mehr Luft in den Hemmbehälter eingepumpt wird. Man bezeichne

268. Durch B den Raum-Inhalt des Hemmbehälters

und es befinde sich am ***Anfange*** der Bewegung $(1+\nu)B$ Cub. F. atmosphärische Luft in demselben. Bei jeder Umdrehung der Kurbel oder der Triebräder durchläuft jeder der beiden Kolben den Weg 2λ und treibt also $4\lambda.\frac{1}{4}\pi\Delta^2 = \pi\Delta^2\lambda$, mithin in m_1 Umläufen $m_1\pi\Delta^2\lambda$ C. F. Luft in den Behälter. Nach m_1 Umläufen befinden sich daher $(1+\nu)B+m_1\pi\Delta^2\lambda$ C. F. Luft in demselben.

D. Bewegen sich jetzt weiter, nach m_1 Umläufen, die Kurbeln noch durch den ***Winkel*** α, also das Ende A der einen von A nach M (Fig. 18.), das Ende der andern von E nach N (KZN sei ein ***rechter*** Winkel), so bewegt sich, wie leicht zu sehen, der Anfangspunct S der einen Bläuelstange, also der eine Kolben, durch den Raum

269. $u_1 = AP + a(1-\cos\varphi_1) = x+a-a\cos\varphi_1$,

der andere durch den Raum

270. $u_2 = ZO + a(\cos\varphi_2-\cos\varphi_3) = y+a\cos\varphi_2-a\cos\varphi_3$,

wenn φ_1, φ_2 und φ_3 die den Puncten M, E und N entsprechenden Werthe des Winkels φ sind. Da nun für diese Winkel

271. $a\sin\varphi_1 = y$, $a\sin\varphi_2 = r$ und $a\sin\varphi_3 = NO = PZ = k-x$, also

272. $a\cos\varphi_1 = \sqrt{(a^2-y^2)}$, $a\cos\varphi_2 = \sqrt{(a^2-r^2)}$, $a\cos\varphi_3 = \sqrt{(a^2-(r-x)^2)}$

ist, so ist

273. $\begin{cases} 1. & u_1 = x+a-\sqrt{(a^2-y^2)}, \\ 2. & u_2 = y+\sqrt{(a^2-r^2)}-\sqrt{(a^2-(r-x)^2)}. \end{cases}$

Von dem einen Kolben wird noch $\frac{1}{4}\pi\Delta^2u_1$, von dem andern $\frac{1}{4}\pi\Delta^2u_2$ C. F. Luft in den Behälter B eingepumpt, also befinden sich in demselben, nachdem die Kurbel m_1 Umläufe gemacht und dann noch den Winkel α durchlaufen hat, zusammen

274. $(1+\nu)B+m_1\pi\Delta^2\lambda+\frac{1}{4}\pi\Delta^2(u_1+u_2) = (1+\nu)B+\frac{1}{4}\pi\Delta^2(4m_2\lambda+u_1+u_2)$

Cub. F. atmosphärische Luft.

E. Diese Luft ist in den Raum B zusammengepreſst, also ist ihre Spannung $\frac{(1+\nu)B+\frac{1}{4}\pi\Delta^2(4m_1\lambda+u_1+u_2)}{B} = 1+\nu+\frac{\pi\Delta^2}{4B}(4m_1\lambda+u_1+u_2)$, und da die Spannung 1 der äufsern Luft dieser Spannung ***entgegenwirkt,*** so ist die auf die beiden Kolben drückende Spannung $\nu+\frac{\pi\Delta^2}{4B}(4m_2\lambda+u_1+u_2)$, und mithin der Druck p auf die Kolben, deren Fläche $\frac{1}{4}\pi\Delta^2$ ist,

$$275. \quad p = \frac{\pi^2 \Delta^4 \sigma}{8B}(4m_1\lambda + u_1 + u_2) + \tfrac{1}{2}\nu\pi\Delta^2\sigma.$$

Nun ist

$$276. \quad p\,\partial x = \partial X,$$

also ist vermöge (275. 276. und 273.)

$$277. \quad \partial X =$$

$$\frac{\pi^2\Delta^4\sigma}{8B}[4m_1\lambda + a + x - \sqrt{(a^2-y^2)} + y + \sqrt{(a^2-r^2)} - \sqrt{(a^2-(r-x)^2)}]\,\partial x + \tfrac{1}{2}\nu\pi\Delta^2\sigma\partial x.$$

Für den ersten Umlauf ist $m_1 = 0$, für den zweiten $m_1 = 1$, für den dritten $m_1 = 2$ u. s. w.

F. a. Das Integral von $(4m_1\lambda + a + x + \sqrt{(a^2-r^2)})\,\partial x$ in (277.) ist

$$278. \quad = (4m_1\lambda + a + \tfrac{1}{2}x + \sqrt{(a^2-r^2)})\,x.$$

b. Das Integral von $y\,\partial x$ in (277.) ist der Kreis-Abschnitt *AMP*, also

$$279. \quad = \tfrac{1}{2}r^2 \arcsin\frac{y}{r} - \tfrac{1}{2}(r-x)y = \tfrac{1}{2}r^2 \arcsin\frac{\sqrt{(2rx-x^2)}}{r} - \tfrac{1}{2}(r-x)\sqrt{(2rx-x^2)}.$$

c. Für das Differential $\sqrt{(a^2-y^2)}\,\partial x$ ist $y^2 = 2rx - x^2$, also $y\,\partial y = (r-x)\,\partial x = \sqrt{(r^2-y^2)}\,\partial x$ und $\partial x = \frac{y\,\partial y}{\sqrt{(r^2-y^2)}}$, folglich

$$280. \quad \sqrt{(a^2-y^2)}\,\partial x = y\,\partial y\sqrt{\left(\frac{a^2-y^2}{r^2-y^2}\right)}.$$

Setzt man $\frac{a^2-y^2}{r^2-y^2} = z^2$, so ist $y^2 = \frac{r^2z^2-a^2}{z^2-1}$, also

$$y\,\partial y = \frac{r^2z\,\partial z}{z^2-1} - \frac{r^2z^2-a^2}{(z^2-1)^2}z\,\partial z = \frac{a^2-r^2}{(z^2-1)^2}z\,\partial z \text{ und}$$

$$281. \quad \sqrt{(a^2-y^2)}\,\partial x = (a^2-r^2)\frac{z^2\,\partial z}{(z^2-1)^2}$$

und, in vier einzelne Brüche zerlegt,

$$282. \quad \frac{4\sqrt{(a^2-y^2)}\,\partial x}{a^2-r^2} = -\frac{z^2\,\partial z}{z-1} + \frac{z^2\,\partial z}{(z-1)^2} + \frac{z^2\,\partial z}{z+1} + \frac{z^2\,\partial z}{(z+1)^2}$$
$$= \frac{(2-z)z^2\,\partial z}{(z-1)^2} + \frac{(2+z)z^2\,\partial z}{(z+1)^2}.$$

Hierin $z-1 = z_1$ und $z+1 = z_2$ gesetzt, giebt

$$\frac{4\sqrt{(a^2-y^2)}\,\partial x}{a^2-r^2} = \frac{(1-z_1)(z_1+1)^2\,\partial z_1}{z_1^2} + \frac{(1+z_2)(z_2-1)^2\,\partial z_2}{z_2^2} \text{ oder}$$

$$\frac{4\sqrt{(a^2-y^2)}\,\partial x}{a^2-r^2} = \frac{(z_1^2+2z_1+1-z_1^3-2z_1^2-z_1)\,\partial z_1}{z_1^2} + \frac{(z_2^2-2z_2+1+z_2^3-2z_2^2+z_2)\,\partial z_2}{z_2^2}$$

oder

$$283. \quad \frac{4\sqrt{(a^2-y^2)}\,\partial x}{a^2-r^2} = \left(-z_1 - 1 + \frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_1^2}\right)\partial z + \left(z_2 - 1 - \frac{1}{z_2} + \frac{1}{z_2^2}\right)\partial z_2.$$

Also ist das Integral von $\sqrt{(a^2-y^2)}\,\partial x$:

$\frac{1}{4}(a^2-r^2)\left[-\frac{1}{2}z_1^2-z_1-\frac{1}{z_1}+\log z_1+\frac{1}{2}z_2^2-z_2-\frac{1}{z_2}-\log z_2\right]$ oder

$\frac{1}{4}(a^2-r^2)\left[-\frac{1}{2}(z-1)^2-z+1-\frac{1}{z-1}+\frac{1}{2}(z+1)^2-z-1-\frac{1}{z+1}+\log\frac{z-1}{z+1}\right]$

oder

$$284.\quad \tfrac{1}{4}(a^2-r^2)\left[\frac{-2z}{z^2-1}+\log\frac{z-1}{z+1}\right],$$

oder, da $z=\sqrt{\left(\frac{a^2-y^2}{r^2-y^2}\right)}$ und $z^2-1=\frac{a^2-y^2}{r^2-y^2}-1=\frac{a^2-r^2}{r^2-y^2}$ ist,

$$\tfrac{1}{4}(a^2-r^2)\left[\frac{-2\sqrt{(a^2-y^2)}}{\sqrt{(r^2-y^2)}}\cdot\frac{r^2-y^2}{a^2-r^2}+\log\frac{\sqrt{(a^2-y^2)}-\sqrt{(r^2-y^2)}}{\sqrt{(a^2-y^2)}+\sqrt{(r^2-y^2)}}\right]\text{ oder}$$

$$-\tfrac{1}{2}\sqrt{(a^2-y^2)}\sqrt{(r^2-y^2)}+\tfrac{1}{4}(a^2-r^2)\log\frac{\sqrt{(a^2-y^2)}-\sqrt{(r^2-y^2)}}{\sqrt{(a^2-y^2)}+\sqrt{(r^2-y^2)}},$$

oder auch, da $\sqrt{(r^2-y^2)}=r-x$ ist,

$$285.\quad -\tfrac{1}{2}(r-x)\sqrt{(a^2-2rx+x^2)}+\tfrac{1}{4}(a^2-r^2)\log\frac{\sqrt{(a^2-2rx+x^2)}-(r-x)}{\sqrt{(a^2-2rx+x^2)}+(r-x)}.$$

d. Das Integral endlich von $-\sqrt{(a^2-(r-x)^2)}\,\partial x$ in (277.) ist der Abschnitt eines Kreises vom Halbmesser a für die Abscisse $r-x$ aus dem Mittelpunct, also

$$286.\quad =+\tfrac{1}{2}a^2\arcsin\frac{r-x}{a}+\tfrac{1}{2}(r-x)\sqrt{(a^2-(r-x)^2)}.$$

e. Zusammengenommen also ist das Integral von ∂X (277.) aus (278. 279. 285. und 286.)

$$\begin{aligned}287.\quad X=\frac{\pi^2\Delta^4\sigma}{8B}\Big[&4m_1\lambda x+ax+\tfrac{1}{2}x^2+x\sqrt{(a^2-r^2)}+\tfrac{1}{2}r^2\arcsin\frac{\sqrt{(2rx-x^2)}}{r}\\&-\tfrac{1}{2}(r-x)\sqrt{(2rx-x^2)}+\tfrac{1}{2}(r-x)\sqrt{(a^2-2rx+x^2)}\\&-\tfrac{1}{4}(a^2-r^2)\log\frac{\sqrt{(a^2-2rx+x^2)}-(r-x)}{\sqrt{(a^2-2rx+x^2)}+(r-x)}+\tfrac{1}{2}a^2\arcsin\frac{r-x}{a}\\&+\tfrac{1}{2}(r-x)\sqrt{(a^2-(r-x)^2)}\Big]+\tfrac{1}{2}\nu\pi\Delta^2\sigma x.\end{aligned}$$

Dieses giebt, $x=0$ gesetzt,

$$288.\quad X_0=\frac{\pi^2\Delta^4\sigma}{8B}\left[\tfrac{1}{2}ar-\tfrac{1}{4}(a^2-r^2)\log\frac{a-r}{a+r}+\tfrac{1}{2}a^2\arcsin\frac{r}{a}+\tfrac{1}{2}r\sqrt{(a^2-r^2)}\right]$$

und, $x=2r$ gesetzt,

$$\begin{aligned}289.\quad X_2=\frac{\pi^2\Delta^4\sigma}{8B}\Big[&8m_1\lambda r+2ar+2r^2+2r\sqrt{(a^2-r^2)}+\tfrac{1}{2}r^2\pi-\tfrac{1}{2}ar\\&-\tfrac{1}{4}(a^2-r^2)\log\frac{a+r}{a-r}-\tfrac{1}{2}a^2\arcsin\frac{r}{a}-\tfrac{1}{2}r\sqrt{(a^2-r^2)}\Big]+\nu\pi\Delta^2\sigma r.\end{aligned}$$

Also ist

$$290.\quad X_2 - X_0 = \frac{\pi^2 \Delta^4 \sigma}{8B}\left[8m_1\lambda r + ar + 2r^2 + r\sqrt{(a^2-r^2)} + \tfrac{1}{2}r^2\pi - \tfrac{1}{2}(a^2-r^2)\log\frac{a+r}{a-r} - a^2 \arcsin\frac{r}{a}\right] + \nu\pi\Delta^2 r\sigma$$

und folglich in (267.)

$$291.\quad \frac{Q}{4g}(v_1^2 - v_0^2) = -\frac{\pi^2\Delta^4\sigma}{4B}\left[8m_1\lambda r + ar + 2r^2 + r\sqrt{(a^2-r^2)} + \tfrac{1}{2}r^2\pi - \tfrac{1}{2}(a^2-r^2)\log\frac{a+r}{a-r} - a^2\arcsin\frac{r}{a}\right] - \pi\mathfrak{Z}D - \nu\pi\Delta^2\sigma r.$$

G. Für den ersten Umlauf der Kurbel ist $m_1 = 0$, für den zweiten $m_1 = 1$, für den dritten $m_1 = 2$ u. s. w. (*D.*). Also nur das erste Glied rechts in (291.) *ändert* sich für die verschiedenen auf einander folgenden Umläufe; alles Übrige bleibt *dasselbe.* Setzt man daher der Kürze wegen

$$292.\quad \frac{\pi^2\Delta^4\sigma}{4B}\left[ar + 2r^2 + r\sqrt{(a^2-r^2)} + \tfrac{1}{2}r\pi - \tfrac{1}{2}(a^2-r^2)\log\frac{a+r}{a-r} - a^2\arcsin\frac{r}{a}\right] = C,$$

so ist in (291.)

$$293.\quad \begin{cases} \frac{Q}{4g}(v_1^2 - v_0^2) = -C - \pi\mathfrak{Z}D - \nu\pi\Delta^2 r\sigma & \text{für den ersten Umlauf der Kurbel,} \\ \frac{Q}{4g}(v_2^2 - v_1^2) = -\frac{2\pi^2\Delta^4\sigma}{B}.\lambda r - C - \pi\mathfrak{Z}D - \nu\pi\Delta^2\nu\sigma & \text{für den zweiten Umlauf,} \\ \frac{Q}{4g}(v_3^2 - v_2^2) = -\frac{2\pi^2\Delta^4\sigma}{B}.2\lambda r - C - \pi\mathfrak{Z}D - \nu\pi\Delta^2 r\sigma & \text{für den dritten Umlauf,} \\ \frac{Q}{4g}(v_4^2 - v_3^2) = -\frac{2\pi^2\Delta^4\sigma}{B}.3\lambda r - C - \pi\mathfrak{Z}D - \nu\pi\Delta^2 r\sigma & \text{für den vierten Umlauf,} \\ \ldots\ldots\ldots\

ist, so giebt (294.)

$$297.\quad \frac{Q}{4g}(v_0^2 - v_m^2) = m\left[\frac{2(m-1)\lambda^2 + c}{4B}.\pi^2 \Delta^4 \sigma + \pi ZD + \tfrac{1}{2}\nu\pi\Delta^2\lambda\sigma\right].$$

Es sei ferner die Länge des auf der Bahn mit m Umläufen der Kurbel oder des Triebrades durchlaufenen Weges $= L$, so ist, wie in (201.)

$$298.\quad L = m\pi D \quad \text{und} \quad m = \frac{L}{\pi D}.$$

Dies in (297.) gesetzt, giebt

$$299.\quad \frac{Q}{4g}(v_0^2 - v_m^2) = L\left[\Delta^4\sigma^2\frac{2(L-\pi D)\lambda^2 + c\pi D}{4BD^2} + Z + \frac{\nu\Delta^2\lambda\sigma}{2D}\right].$$

I. Hier hat, wie man sieht, die Länge a der ***Bläuelstange*** auf das Resultat, nemlich auf die Gröfse c (295.), ***Einfluſs***.

In dem Fall, wo a gegen r so grofs ist, dafs man $\frac{r}{a}$ aufser Acht lassen kann, reducirt sich c sehr. Man drücke nemlich c wie folgt aus:

$$300.\quad c = ar + 2r^2 + ar\sqrt{\left(1-\frac{r^2}{a^2}\right)} + \tfrac{1}{2}r^2\pi - \tfrac{1}{2}a^2\left(1-\frac{r^2}{a^2}\right)\log\frac{1+\frac{r}{a}}{1-\frac{r}{a}} - a^2\arcsin\frac{r}{a}.$$

Es ist $\log\frac{1+\frac{r}{a}}{1-\frac{r}{a}} = 2\left(\frac{r}{a} + \frac{r^3}{3a^3} + \frac{r^5}{5a^5} \ldots .\right)$ und dies mit $\frac{1}{2}a^2\left(1-\frac{r^2}{a^2}\right)$, oder $\left(\frac{r^2}{a^2}\right.$ als sehr klein weggelassen$\left.\right)$ mit $\frac{1}{2}a^2$ multiplicirt, giebt $ar + \frac{r^3}{3a} + \frac{r^5}{5a^3} \ldots .$, also blofs ar; was sich mit dem *ersten* Gliede ar in (300.) hebt. Ferner ist $\sin\frac{r}{a}$, wenn r gegen a sehr klein ist, $= \frac{r}{a}$, also $a^2\arcsin\frac{r}{a} = ar$; was sich mit dem *dritten* Gliede $ar\sqrt{\left(1-\frac{r^2}{a^2}\right)}$ in (300.) (hier blofs ar) hebt. Es bleibt also für c blofs das *zweite* und *vierte* Glied und es ist also

$$301.\quad c = 2r^2 + \tfrac{1}{2}r^2\pi = \tfrac{1}{2}\lambda^2(1 + \tfrac{1}{4}\pi);$$

wie es sein mufs. Denn wenn r gegen a sehr klein ist, so ist in (273.) blofs $u_1 = x$ und $u_2 = y$, also in (275.) blofs $p = \frac{\pi^2\Delta^4\sigma}{8B}(4m_1\lambda + x + y)$ und in (277.) blofs $\partial X = \frac{\pi^2\Delta^4\sigma}{8B}(4m_1\lambda + x + y)\partial x$, und davon ist das Integral, von $x = 0$ bis $x = 2r$, weil dasjenige von $y\,\partial x$ die Fläche des Halbkreises AMD also $= \frac{1}{2}r^2\pi$ ist,

$$X_2 - X_0, = \frac{\pi^2\Delta^4\sigma}{8B}(8m_1\lambda r + 2r^2 + \tfrac{1}{2}r^2\pi)$$

und c bekommt den Werth (301.).

In diesem besondern Falle also ist in (299.)

$$302.\quad \frac{Q}{4g}(v_0^2 - v_m^2) = L\Big[\Delta^4\sigma\frac{(2L-(\tfrac{3}{2}-\tfrac{1}{6}\pi)\pi D)\lambda^2}{4BD^2} + Z + \frac{\nu\Delta^2\lambda\sigma}{2D}\Big].$$

Da auch $(\frac{3}{2}-\frac{1}{6}\pi)\pi D = 3{,}5\,D$ oder etwa $3\frac{1}{2}$mal der Durchmesser der Triebräder gegen die doppelte durchlaufene Strecke $2L$ immer sehr klein sein wird, so kann man es gegen $2L$ weglassen und blofs setzen

$$303.\quad \frac{Q}{4g}(v_0^2 - v_m^2) = L\Big(Z + \frac{\Delta^4\lambda^2\sigma L}{2BD^2} + \frac{\nu\Delta^2\lambda\sigma}{2D}\Big)$$
$$= L\Big(Z + \frac{\Delta^2\lambda\sigma}{D}\Big(\nu + \frac{\Delta^2\lambda L}{BD}\Big)\Big).$$

K. Der Unterschied des Werths von c (295.), wenn man die Länge a der Bläuelstange in Rechnung bringt, gegen den (301.), wenn man sie aufser Acht läfst, ist nicht bedeutend.

Man setze z. B. den Kurbelarm $r = \frac{3}{4}$ F.; dann pflegt die Länge der Bläuelstange a wenigstens 5 bis 6mal so lang zu sein, nemlich etwa $4\frac{1}{2}$ F. Dies giebt in (295.)

$$304.\quad c = 4\tfrac{1}{2}\cdot\tfrac{3}{4} + 2\cdot\tfrac{9}{16} + \tfrac{3}{4}\sqrt{19\tfrac{11}{16}} + \tfrac{1}{2}\cdot\tfrac{9}{16}\cdot 3\tfrac{1}{7} - \tfrac{1}{2}\cdot 19\tfrac{11}{16}\log\frac{5\frac{1}{4}}{3\frac{3}{4}}$$
$$- 20\tfrac{1}{4}\arcsin\frac{3}{4.4\frac{1}{2}} = 2{,}002$$

und in (301.)

$$305.\quad c = 2\cdot\tfrac{9}{16} + \tfrac{1}{2}\cdot\tfrac{9}{16}\cdot 3\tfrac{1}{7} = 2{,}109,$$

also nur um etwa den 70ten Theil gröfser. Man kann daher ohne grofse Abweichung den Werth von c (301.) statt desjenigen (295.) setzen, um so mehr, da in (299.) $c\pi D$ selbst gegen $2(L-\pi D)\lambda^2$ nur klein ist; und folglich ist der Ausdruck (303.) für die Ausübung hinreichend genau.

L. Setzt man noch den Ausdruck der Zugkraft

$$306.\quad Z = Q(n + \tang\beta)\quad (103.),$$

in welchem für $\tang\beta$ der Abhang zu nehmen ist, auf welchem der Hemmbehälter wirken soll, so giebt (299.)

$$QBD^2(v_0^2 - v_m^2)$$
$$= gL[2\Delta^4\sigma((L-\pi D)\lambda^2 + c\pi D) + 4BD^2Q(n + \tang\beta) + 2BD\nu\Delta^2\lambda\sigma]$$

oder

$$307.\quad QBD^2(v_0^2 - v_m^2 - 4g(n + \tang\beta)L)$$
$$= 2L\Delta^4\sigma g\Big[(L-\pi D)\lambda^2 + \tfrac{1}{2}c\pi D + \frac{\nu\lambda BD}{\Delta^2}\Big]$$

und (303.) giebt

$$BD^2Q(v_0^2 - v_m^2) = 2gL[2Q(n + \tang\beta)BD^2 + \Delta^4\lambda^2\sigma L + \nu\Delta^2\lambda\sigma BD]\quad \text{oder}$$

$$308.\quad QBD^2[v_0^2 - v_m^2 - 4gL(n+\tang\beta)]$$
$$= 2gL^2\Delta^4\lambda^2\sigma + 2gL\nu\Delta^2 BD\lambda\sigma = 2gL\Delta^2\lambda\sigma(L\Delta^2\lambda + \nu BD).$$

M. Der Ausdruck (307.), oder näherungsweise derjenige (308.), ist nun die Gleichung zwischen der Geschwindigkeit v_m, der Gröfse B des Hemmbehälters und der Länge L der durchlaufenen Strecke, auf welche der Hemmbehälter die anfängliche Geschwindigkeit v_0 auf v_m herabbringt. Man kann also aus der Gleichung eine der drei Gröfsen v_m, B und L finden, wenn die beiden andern gegeben sind; und zwar kann man dazu nach (*K.*) die einfachere Gleichung (308.) anwenden. Sie giebt

a. Wenn B und L gegeben sind:

$$309.\quad v_m^2 = v_0^2 - 4gL(n+\tang\beta) - \frac{2gL\Delta^2\sigma(L\Delta^2\lambda+\nu BD)}{D^2BQ}.$$

b. Sind L und v_m gegeben, so giebt (308.)

$$310.\quad B = \frac{2gL^2\Delta^4\lambda^2\sigma}{D[DQ(v_0^2 - v_m^2 - 4gL(n+\tang\beta)) - 2gL\Delta^2\lambda\nu\sigma]},$$

also, wenn z. B. $v_m = v_0$ sein soll

$$311.\quad B = -\frac{L\Delta^4\lambda^2\sigma}{D(2(n+\tang\beta)DQ + \Delta^2\lambda\nu\sigma)}$$

und wenn $v_m = 0$ sein soll

$$312.\quad B = \frac{2gL^2\Delta^4\lambda^2\sigma}{D(DQ(v_0^2 - 4gL(n+\tang\beta)) - 2gL\Delta^2\lambda\nu\sigma)}.$$

c. Sind B und v_m gegeben, so giebt (308.)

$$313.\quad L = -\frac{BD}{\Delta^4\lambda^2\sigma}\Big[QD(n+\tang\beta) + \tfrac{1}{2}\Delta^2\lambda\nu\sigma \pm \sqrt{\Big((QD(n+\tang\beta) + \tfrac{1}{2}\Delta^2\lambda\nu\sigma)^2 + (v_0^2 - v_m^2)\frac{Q\Delta^4\lambda^2\sigma}{2gB}\Big)}\Big],$$

also für $v_m = v_0$

$$314.\quad L = -\frac{2BD}{\Delta^4\lambda^2\sigma}(QD(n+\tang\beta) + \tfrac{1}{2}\Delta^2\lambda\nu\sigma)$$

und wenn $v_m = 0$ sein soll

$$315.\quad L = -\frac{BD}{\Delta^4\lambda^2\sigma}\Big[QD(n+\tang\beta) + \tfrac{1}{2}\Delta^2\lambda\nu\sigma \pm \nu\sqrt{\Big((QD(n+\tang\beta) + \tfrac{1}{2}\Delta^2\lambda\nu\sigma)^2 + v_0^2\frac{Q\Delta^4\lambda^2\sigma}{2gB}\Big)}\Big].$$

N. Die Spannung s über die der Atmosphäre hinaus, auf welche die Luft im Hemmbehälter zusammengepreſst wird, ist nach m Umläufen der Kurbel zufolge (*C.* und *D.*):

$$316. \quad s = \frac{m\pi\Delta^2\lambda}{B} + \nu = \frac{L}{\pi D} \cdot \frac{\pi\Delta^2\lambda}{B} + \nu = \frac{L\Delta^2\lambda}{DB} + \nu,$$

oder wenn man hierin den Ausdruck (310.) von B setzt,

$$317. \quad s = \frac{DQ(v_0^2 - v_m^2 - 4gL(n + \tang\beta))}{2gL\Delta^2\lambda\sigma}.$$

Dieses giebt für $v_m = v_0$

$$318. \quad s = -\frac{2DQ(n + \tang\beta)}{\Delta^2\lambda\sigma}$$

und für $v_m = 0$

$$319. \quad s = \frac{DQ(v_0^2 - 4gL(n + \tang\beta))}{2gL\Delta^2\lambda\sigma}.$$

O. Will man z. B. wissen, wie grofs ein anfangs leerer Hemmbehälter B sein müsse, um einen $Q = 1800.110$ Pfd. schweren Wagenzug, der auf einem Abhange $\tang\beta = -\frac{1}{100} = -0{,}01$ hinabrollt, durch Cylinder von $\Delta = 1$ F. im Durchmesser und $\lambda = 1\frac{1}{3}$ F. lang, und durch Triebräder von $D = 5$ F. im Durchmesser auf $L = 2000$ F. lang so zu hemmen, dafs die Geschwindigkeit v_m am Fufse des Abhanges der v_0 am Gipfel desselben *gleich* sei, so giebt die Formel (311.) für $\nu = 0$

$$320. \quad B = -\frac{2000.1.(\frac{1}{4})^2.18.110}{2(0{,}004 - 0{,}010)5^2.1800.110} = 118\tfrac{1}{2} \text{ C. F.}$$

und nach (318.) wird die Luft in diesem Behälter dadurch auf

$$321. \quad s = -\frac{2.5.1800.110(0{,}004 - 0{,}010)}{1.\frac{1}{4}.18.110} = 4\tfrac{1}{2} \text{ Atmosphären}$$

zusammengepreſst.

P. Wie oben bemerkt, läfst sich auch das Einpumpen der Luft benutzen, um einen Wagenzug überhaupt zu hemmen oder zum *Stillstand* zu bringen.

Will man z. B., dafs ein mit der Geschwindigkeit $c = 26\frac{2}{3}$ F. oder 4 Meilen in der Stunde auf *horizontaler* Bahn sich bewegender $Q = 1800$ Ctr. schwerer Wagenzug auf $L = 100$ F. lang durch einen Hemmbehälter zum Stillstand gebracht werde, in welchem die Luft schon auf $\nu = 10$ Atmosphären wirksamen Drucks verdichtet ist, so ergiebt sich aus (312.) für die dazu nöthige Gröfse des Behälters, wenn wie in (*O.*) $\Delta = 1$, $\lambda = 1\frac{1}{3}$ F., $D = 5$ F. ist,

$$322. \quad B = 0{,}37 \text{ C. F.}$$

und die Luft in diesem Behälter wird nach (319.) auf

$$323. \quad s = 82{,}3 \text{ Atmosphären}$$

zusammengepreſst. Dieses ist freilich nicht ausführbar. Aber die Hemmung wird ausführbarer, wenn man entweder die Cylinder gröſser macht, oder sich begnügt, die Wirkung erst auf eine etwas längere Strecke zu erreichen. Z. B. für $L = 300$ F. wäre schon bloſs $B = 5{,}2$ C. F. und $s = 25{,}4$ Atmosphären; was allenfalls schon ausführbar ist.

Also, wenn man auf einen Luftwagen noch einen besondern kleinen Behälter von ein Paar Cubikfuſs groſs setzt, so läſst sich durch denselben der Wagenzug in den gewöhnlichen Fällen ziemlich schnell zum Stillstand bringen und man kann dann durch das Hemmen, statt zusammengepreſste Luft zu *verlieren*, vielmehr deren noch gewinnen. Nur wo ein sehr plötzliches Hemmen nöthig ist, muſs man die *gewöhnlichen* Hemm-Vorrichtungen zu Hülfe nehmen.

(Die Fortsetzung folgt.)

11.

Einige Nachrichten von der beabsichtigten Strafsenverbindung des mittelländischen mit dem rothen Meere.

[Den Lesern des gegenwärtigen Journals werden vielleicht über den in der Überschrift genannten Gegenstand einige Nachrichten, welche davon einen einigermaafsen näheren technischen Begriff geben als die gewöhnlichen Zeitungs-Artikel, nicht unwillkommen sein. Dergleichen Nachrichten finden sich in dem 7ten Bande des „Civil-Engineer and Architects Journal" und wir theilen sie hier, nebst den beigefügten, freilich sehr unvollkommnen kleinen Carten mit. Die Nachrichten sind keineswegs ausführlich und erschöpfend, und über die zum Theil wenig erbaulichen politischen Bemerkungen und Ansichten des Englischen Verfassers mufs man hinwegsehen: die technischen Ansichten und Aufstellungen zeugen indessen von der Sachverständigkeit des Verfassers und haben also Interesse für den Architekten.

Der Gegenstand ist unstreitig einer der allerwichtigsten, welche der Technik vorkommen können, und seit Jahrhunderten ist, wie bekannt, die Ausführung dieser Strafsen-Verbindung gewünscht worden. Sie ist wichtig für den Verkehr von fast ganz Europa mit dem Orient, und wird es jetzt noch mehr, auch für Deutschland, seitdem China aufgeschlossen worden und zugänglich geworden ist. Die Strafse ist der Verbindungsweg für vielleicht 150 Millionen Europäer mit zwei bis dreimal soviel Orientalen, also für 500 bis 600 Millionen Menschen, welche jetzt ihre Waaren fast nur auf dem grofsen Umwege um Afrika herum austauschen können. Die Strafse durch das rothe Meer würde diesen Weg um mehr als 1000 Meilen und im Durchschnitt wenigstens um Ein Drittheil ihrer jetzigen Länge abkürzen, sie würde weniger gefährlich sein und weit mehr Handelsplätze berühren; als die längere Strafse; der Erfolg und Nutzen würde also in der That ungemein grofs sein.

Die hier folgenden Notizen geben Nachricht, sowohl von dem projectirten *Schiffahrts-Canal* vom mittelländischen nach dem rothen Meere, als von der *Eisenbahn* vom Nil, also mittels dieses Flusses ebenfalls vom Mittelmeere nach Suez am rothen Meere. Für beide Strafsen werden die Schwierigkeiten von ihren Projectgebern als sehr unbedeutend dargestellt, obgleich hernach die Projectgeber der Eisenbahn auch wieder den Canal für sehr schwierig erklären; besonders den Zugang zu demselben vom Mittelmeere aus, welche Schwierigkeit auch wohl gegründet sein mag, aber nicht unbezwinglich sein kann, da schon im frühen Alterthum die Schiffe dort landeten, und was damals möglich war, jetzt um so mehr der vervollkommneten Schiffahrt möglich sein mufs. Die Wahrheit wird wohl sein, dafs sowohl der Canal als die Eisenbahn weder sehr leicht ausführbar, noch unausführbar sind, und dafs die Schwierigkeiten gegen den überaus grofsen Nutzen des Werks nicht in Betracht kommen können. Dann aber sind nicht blofs das Eine oder das Andere, sondern *beide*, der Canal und die Eisenbahn, zu wünschen, jener für den Handel und für den Transport von Waaren, diese für Passagiere und für die Brief-Correspondenz. Wäre diese Strafsenverbindung der beiden Meere vorhanden, so würde *Deutschland* auch in der Rücksicht gewinnen, dafs dann sein Handel mit Ost-Indien und China *eher* auch selbst *ohne* den Schutz einer eignen Flotte aufblühen könnte. D. H.]

I.

Einige Nachrichten von den verschiedenen Entwürfen zu einem Schiffahrtscanal von dem mittelländischen nach dem rothen Meere.

Die Aufmerksamkeit des Publicums ist vor mehreren Jahren durch den Entwurf erregt worden, welchen *Napoleon* zu einem schiffbaren Canal von dem mittelländischen nach dem rothen Meere im Sinne hatte, und man ist auf verschiedene Weise bemüht gewesen, den Pascha von Egypten zu bewegen, das Unternehmen auf eigne Hand ausführen zu lassen; aber die langwierigen und kostbaren Kriege, welche mehrere seiner fruchtbarsten Landstriche und Besitzungen verwüsteten, und der schlechte Zustand seiner Finanzen verhinderten ihn an der Ausführung des grofsen Werks, so geneigt er auch dazu sein mochte. Nach dem Kriege, welcher für ihn den Verlust von Syrien zur Folge hatte, verminderten sich seine Einkünfte noch mehr; sie belaufen sich jetzt kaum noch auf 27 Millionen Thaler jährlich, und es hat uns nicht befremdet, vor einigen Wochen zu hören, dafs er jeden Gedanken, *selber* den Canal auszuführen, aufgegeben, jedoch den Wunsch geäufsert habe, europäische Capitalisten möchten die Ausführung übernehmen, welche dann, unter der Bedingung der gehörigen Berücksichtigung seiner Interessen, von ihm allen Beistand und Schutz zu erwarten haben würden. In Folge hievon und angetrieben von dem Wunsch, den Weg von England nach dessen ausgedehnten Besitzungen in Ost-Indien abzukürzen und dadurch den Handel erleichtert und befördert zu sehen, hat man nun von Zeit zu Zeit verschiedene Entwürfe zu dem Canal gemacht um die Aufmerksamkeit der Englischen Regierung und der Capitalisten, welche geneigt sein möchten, das Geld zu diesem so wichtigen, anerkannt nützlichen und wahrscheinlich auch einträglichen Unternehmen herzugeben, auf dasselbe zu lenken. Einem vortrefflichen Aufsatze über den Gegenstand in dem Foreign- und Quarterly-Review folgten zwei andere gute Abhandlungen: „Observations on the red Sea and Mediterranean, by *Arthur Anderson; Smith, Elder et C. Cornhill,*" und „Inquiry into the means of establishing Steam Navigation, by *James Vetch, Capt. R. F., F. R. S. Pelham, Richardson, Cornhill.*" Es ist nicht unsere Absicht, diesen beiden Schrift-

stellern in allen ihren Aufstellungen zu folgen: wir wünschen nur einige Ansichten über den Gegenstand zu berichtigen, einen allgemeinen Begriff von demselben zu geben und dann unsere eigene Meinung hinzuzufügen.

Pelusium, von wo ab man den Canal zu ziehen vorgeschlagen hat, liegt ein wenig östlich von dem Pelusischen Arm des Nils und nach *Strabo* etwa eine halbe Meile vom Meer. [Maafse und Geld etc. sind wie immer in diesem Journal *Preufsisch.* D. H.] Der Umfang der Stadt betrug ebenfalls etwa $\frac{1}{4}$ Meile und sie war durch starke Mauern und ausgedehnte Moräste von allen Seiten beschützt. Sie lag auf einer völligen Ebene zwischen der nach Syrien hin sich erstreckenden Sandwüste, dem Meere und Morästen, welche jetzt einen Theil des Sees Mansaleh ausmachen. [M. s. die kleine Carte Taf. VII.] Ruinen der Stadt finden sich nur $\frac{1}{4}$ Meile vom Meer und das Land hat seit jener Zeit anderthalb Meilen dem Meere abgewonnen, der Nil-Arm von Pelusium, welcher damals sehr grofs war, ist jetzt nur kaum noch ein weiter Strom von Schlamm, welcher die öde Ebene von dem See Mansaleh bis ans Meer kreuzt. Auf seinem Rande steht die Festung Tineh, welche die Türken erbaut haben und welche für sehr stark gehalten wird. Dieser Nil-Arm ist jetzt unter dem Namen des Canals von Abu Manejji bekannt. Er ist der zweite, von dem Arm von Damiette ausgehende Zweig, welchen er etwa $1\frac{1}{4}$ Meile unterhalb Cairo verläfst. Er zieht sich von da durch Bibers nach Tell-Bastah (Bubastes) und so weiter nach dem Meere, wo er sich sehr verengt und fast ganz verschlammt ist.

Der See Mansaleh hat sich in dem niedrigen Lande an der Küste gebildet, welches sich von dem Pelusischen Arm fast bis zum Arm von Rosette erstreckt. Er nimmt den Canal von Ashmin-errommân auf, welcher ehedem durch das Gebiet von El-Mansaleh sich erstreckte und sich dort in zwei Arme theilte, deren einer nordwärts, der andere mit einem Bogen in den See Tennis flofs. Dieser Canal, von seiner gleichförmigen Tiefe an, ist für den Mendasischen Arm des Nils gehalten worden und der See Boheïreto el-zar für den Tanitischen Arm. Dieser See, sagt *Sicard*, beginnt $\frac{1}{4}$ Meile ostwärts von Damiette und endigt bei dem Schlofs von Tineh, dem alten Pelusium. Er ist von Osten nach Westen 14 Meilen lang und 3 Meilen von Norden nach Süden breit. Sein Boden ist sumpfig und mit Pflanzen bewachsen. Er ist nur an wenigen Stellen über 5 F. tief und durch einen schmalen, höchstens $\frac{1}{2}$ Meile breiten Streifen sandigen Landes vom Meere getrennt. Mit dem Meere hängt er durch die drei Öffnungen von Tineh, Omm-ne-ferrej und

Dibeh zusammen, von welchen die erste die östlichste ist. Im Sommer, während der Überschwemmung, ist sein Wasser süfs, den übrigen Theil des Jahres salzig. In dem See befinden sich mehrere Inseln, die meisten derselben sind nicht angebaut; die Inseln Matareyyeh, nahe bei El-Mansaleh, sind die bevölkertesten; auf zwei andern Inseln befinden sich die Ruinen alter Städte. Der Boden des Sees liegt mehrere Fufs tief unter beiden Meeren; der Meder und Sand liegt darin sehr hoch und auf festem Kiese und Kalk; wie der Boden von Egypten überhaupt. Der Pelusische Nil-Arm wurde fürs den wichtigsten gehalten und man nannte ihn den Schlüssel und die Stärke von Egypten.

Necho, der Sohn des Psammetichus und der Pharao Necho der Bibel, war der erste, welcher es unternahm, eine Verbindung des Nils mit dem rothen Meere zu Stande zu bringen. Darius, König von Persien, setzte den Canal später bis zu den bittern Seen fort und Ptolomäus Philadelphus soll ihn bis an das rothe Meer geführt haben. Der Canal ging von dem Pelusischen Nil-Arm aus und erstreckte sich bis Arsinoë, jetzt Aggerond oder Ajerond genannt. Die Länge des Canals, sagt *Herodot*, beträgt vier Tagereisen und er ist breit genug, für drei Triremen neben einander; er zieht sein Wasser aus dem Nil ein wenig oberhalb der Stadt Bubastes und mündet in das rothe Meer unfern der arabischen Stadt Patumos aus. Bei der Fortsetzung der Ausführung des Canals unter Necho sollen hunderttausend Egypter dabei umgekommen sein; was nicht zu verwundern ist, wenn man an die tödtlichen Dünste der Sümpfe denkt, durch welche der Canal gezogen wurde, an den nächtlichen Thau und an die Hitze der Tage, welcher die Arbeiter ausgesetzt waren. Dieser Schriftsteller sagt: Darius setzte das unter Necho begonnene Werk fort, gab aber die Vollendung desselben auf, wegen der irrigen Meinung, das rothe Meer liege höher als Egypten und werde das Land, wenn man den Canal bis dahin führe, überschwemmen. Die Ptolomäer widerlegten diesen Irrthum und machten den Canal durch Dämme und Schleusen ohne Hindernifs bis zum Meer schiffbar. *Diodor* bestätigt diese Nachricht. *Plinius* erzählt, dafs Ptolomäus von Egypten, der zweite dieses Namens, den Canal bis zu den bittern Quellen fortgesetzt habe; dort aber sei die weitere Fortsetzung eingestellt worden, weil man gefunden habe, dafs das rothe Meer 4½ bis 5 F. höher liege als der Boden von Egypten. *Plinius* bestreitet, dafs der Canal jemals das rothe Meer erreicht habe, aber er spricht von einem Flufs, Ptolomäus genannt, welcher bei Arsinoë fliefse.

Mit aller schuldigen Achtung für die gelehrten Forschungen über diesen historischen Gegenstand, sind wir doch geneigt, mit *Plinius* zu glauben, dafs der Canal niemals über die bittern Quellen hinaus geführt wurde, und dafs der Flufs, von welchem *Plinius* spricht, der natürliche Wasserlauf von jener Reihe von Seen nach dem rothen Meere war, in welchem das Wasser des rothen Meeres nach dem Mittelmeer flofs, dafs zur Zeit des Necho dieser Wasserlauf von Meer zu Meer stetig währte, dafs derselbe noch lange Zeit nachher fortdauerte, selbst bis in die Zeit des genannten Ptolomäus, und dafs, als das Wasser des rothen Meeres fortfuhr, sich über seine alten Grenzen zurückzuziehen, der Canal von den bittern Seen bis ans Meer von einer weiten Wasserfläche, höher als der jetzige Stand des rothen Meeres, zu einem engen Wasserlauf hinabsank, welcher gelegentlich verdämmt wurde. Was diese Meinung bestätigt, ist, dafs man längs dem niedrigen Theile der Landzunge eine Reihe von Hügeln, Aufschüttungen von Seemuscheln und Corallenbänken findet, genau von der Art derer im rothen Meer, aber nicht von der Art derer im Mittelmeere. Dergleichen Ablagerungen finden sich in den bittern Seen, wenig unter dem jetzigen Wasserstande des rothen Meeres, und ähnliche Lagen giebt es längs der ganzen Verbindungsstrafse. Es scheint, dafs, als die Verbindung allmälig aufhörte, Arbeiten zur Abhülfe des Übels angestellt wurden und dafs man künstliche Canäle vom Meere aus nach den bittern Seen grub (den Lacus amari, wie *Plinius* ihn nennt), weit oberhalb der jetzigen, und dann weiter von See zu See. Herr *Linant* sagt, dafs in der Tiefe der beiden Meerbusen von Suez und Akaba das Meer vorgedrungen sei; dies aber ist offenbar unrichtig und wird durch Thatsachen widerlegt: die grofse salzige Ebene, in der Höhe des Meeres bei Suez, ist unverkennbar aus dem Meere entstanden und etwa früher ein Theil des rothen Meeres, und Arsinoë, einst ein Meereshafen, liegt jetzt 1½ Meile vom Meere entfernt; auch das jetzige Suez liegt weit von der alten Stadt. Das Land ist nicht blofs mit Sand aufgefüllt, sondern seine Bildung ist der in tiefen Wassern und in der See gemein. Die Landzunge zeigt überall ein Abnehmen des Wassers, nicht eine Zurücktreibung desselben. Findet man gleich Überbleibsel von Städten unter Wasser, so beweiset dies doch blofs, dafs einzelne Stellen von dem beständigen Andrang der Wellen durchbrochen und überschwemmt worden sind. Yambo ist auf eine ganz neue Sandbank gebaut. Die meisten gröfseren Städte auf der arabischen Küste sind durch Sandbänke und feste Klippen so barricadirt, dafs sie meilenweit unzugänglich sind. Selbst Macullah, an der östlichen Mündung des rothen Meeres,

ist auf eine neue Sandbank gebaut. Die alten Grenzen des rothen Meeres sind an beiden Seiten genau bezeichnet und umfassen meilenweite sandige Ebenen.

Die ganze Örtlichkeit der Land-Enge beweiset, dafs eine Verbindung der beiden Meere durch einen von dem rothen nach dem Mittelmeer stets fliefsenden Wasserlauf Statt fand, der seinen Weg durch die Thäler und die Bodensenkungen nahm, in welchen sich die Kette von Seen bildete; denn der grobe Kies und Mergel der Wüste ist von derselben Art wie der Meeresboden bei Suez; die weite Ebene nach Syrien zu war in entfernter Zeit vom Meere bedeckt und ein Theil des Mittelmeeres. Deshalb ist denn auch offenbar gar keine Gefahr von der Wieder-Eröffnung des alten Wasserlaufs zu befürchten: weder eine Überschwemmung der fruchtbaren Landtheile von Egypten, noch eine Anstauung des Mittelmeers. Die Geschichte sagt nicht, dafs die Verbindung der beiden Meere für die *Flotten* der Alten benutzbar gemacht wurde; auch scheinen die Egypter den Durchflufs des Meerwassers nicht haben begünstigen zu wollen, denn sie bauten einen starken Damm dagegen, quer durch den Canal bei seinem Eintritt in den Meerbusen. Ihr vorzüglichstes Bestreben scheint gewesen zu sein, die fruchtbaren Theile von Egypten für die damals sehr starke Bevölkerung möglichst benutzbar zu machen. So ging der Canal von Bubastis durch das fruchtbare Wadi, das Gosen der Israeliten, das Thaubastum, wo er in die bittern Seen fiel, welche die natürlichen Behälter für das See- und Flufswasser zugleich waren; und damit nicht das salzige Wasser über das benutzbare Land fliefse, oder der Canal zwischen den beiden Meeren einen zu grofsen Andrang von den Überströmungen des Nils empfange, wurden grofse Dämme quer durch das Wadi gebaut.

Indem wir nun zu den verschiedenen Vorschlägen, die Verbindung der beiden Meere durch einen schiffbaren Canal herzustellen, übergehen, haben wir zuvörderst der Flugschrift des Herrn *Anderson* zu gedenken. Dieser Schriftsteller, nachdem er erst alle früheren Aufstellungen und Speculationen als oberflächlich, unreif und irrthümlich bezeichnet hat, beginnt sein Vorhaben durch einen etwas langen Auszug aus dem Bericht des Herrn *Linant*, eines französischen Civil-Ingenieurs im Dienste des Pascha von Egypten. Es scheint uns aber hier eine Verwechselung zu sein; denn jener Bericht ist beinahe wörtlich aus dem der Französischen Ingenieurs vom Jahr 1798 in der „Description de l'Egypte" abgeschrieben. In der That sagt Herr *Linant* in jenem Auszuge Folgendes: „Auf den Grund oftmals wiederholter Beobachtungen „und meiner vielen Reisen über die Land-Enge von Suez, so wie in Folge

„der sorgfältigen Nivellements, die zur Zeit des Aufenthalts der französischen „Armee in Egypten gemacht worden sind, nehme ich an, dafs das rothe Meer „höher steht als das Mittelmeer und dafs es einst die Land-Enge bedeckte." Aber es ist nicht der geringste Grund anzunehmen, dafs er irgend eine Messung gemacht habe oder mit dem Lande östlich von den bittern Seen bekannt geworden sei. Herr *Linant* sagt mit den Worten der französischen Ingenieurs. „Die Örtlichkeit zeigt, dafs blofs auf eine Länge von etwa 3 Meilen von dem „rothen Meere, an der Stelle wo der alte Canal von Amron erneuert wurde, „oder wo jetzt der Canal des Hauptes der Gläubigen ist, der Canal wiederum „9½ F. tief aufgegraben werden darf, um einen Wasserlauf nach dem Mittel„meer zu eröffnen; denn weiterhin finden sich die Boden der jetzt trocknen „bittern Seen, welche an 16 F. unter dem Wasserspiegel des rothen Meeres „tief liegen. Darauf wird der Boden immer niedriger, bis zu der Stelle, welche „die bittern Seen von dem See Temsah scheidet, wo der Boden auf etwa „¾ Meilen lang und seine gröfste Höhe nur 1½ F. über dem Meere liegt; der „Boden ist dort sandig. Dann folgt der Boden des Temsah-Sees, der viel „niedriger als das rothe Meer liegt und vom Wasser des Nils bei den An„schwellungen desselben bedeckt wird. Die Entfernung dieses Sees und den „niedrigen Sümpfen von El Karish beträgt höchstens 800 Ruthen und das Land „liegt nur etwa 3 Fufs über dem rothen Meere. Es ist ebenfalls sandig. Ver„läfst man das Bette des Sees Themsah und begiebt sich hinter den Hügel „von Chek Amedek, an welchem der alte Canal mufs nahe vorbeigegangen „sein, so findet sich der Boden fast überall in der Wage mit dem rothen Meere, „eben wie bei El Karesh. Von da bis Dus-el-Cassah, und weiter in der „Richtung auf Bir-el-Divietor, folgen wir den Spuren des alten Canals in „einer geraden Linie von einem Meer zum andern. Der Boden ist überall „sandig und liegt viel tiefer als der Wasserspiegel des Meeres. Weiterhin, „nach der Stelle, welche zur Zeit der Nilfluthen von dem Wasser des Sees „Mansaleh überströmt wird, findet sich wieder eine Art von Aushöhlung oder „sandigem Thale, welches wahrscheinlich der alte Canal war. Endlich beim „Eingang von Tineh, zwischen Faramah und den Ruinen von Pelusium hin„durch, liegt das Land etwa 29 F. tiefer als das rothe Meer."

Der Verfasser beginnt seinen Entwurf mit dem Vorschlag, auf, oder nahe bei dem Reste des alten Hafendammes am Eingange des Canals von Suez zwei Molen zu bauen, welche zwischen sich den auszugrabenden Canal lassen Der Canal soll dann bis zu den bittern Seen, auf 5800 R. lang, 126 F. breit

und 9½ F. tief ausgegraben werden. Um das Land zwischen dem See Thensah und El Karesh zu schützen, soll ein Damm auf 1600 R. westwärts des Sees fortlaufen, um zu verhindern, dafs das Seewasser auf die Fruchtfelder trete. Ähnliche Deiche sollen bei Das-el-Ballah sein und die überschwemmten Ländereien bei Pelusium umgeben. Der Verfasser nimmt an, dafs das Wasser, blofs in sein altes Bett geleitet, vermöge des Gefälles, welches hier eine Geschwindigkeit von 5 bis 6 F. in der Secunde hervorbringen werde, sich selbst einen Canal von der nöthigen Tiefe ausspülen werde. Statt des fehlenden Hafens bei Pelusium will er auf der Barre, die durch den Canal werde hervorgebracht werden, eine Mole bauen. Die sämmtlichen Kosten der Ausgrabung, der Ufer-Einfassungen, des Mauerwerks, der Molen etc. schätzt er auf Eine Million Thaler.

Zwar wird die vor 50 Jahren gemachte Kostenschätzung *noch* geringer gewesen sein, aber beide Schätzungen sind unrichtig, wegen der Gröfse der Bauwerke, die noch aufser dem Canal nöthig sein würden. Den Canal an der Spitze des Meerbusens anfangen zu lassen, möchte zur Zeit des Necho rathsam gefunden worden sein, aber jetzt wird kein practischer Ingenieur, der das Meer bei Suez kennt, einen Plan vorschlagen, nach welchem man entweder den ganzen obern Theil des Meerbusens durchtiefen oder den Canal durch das tiefste mittlere Wasser führen müfste; welches beides gleich kostbar sein würde. Die ganze Spitze des Meerbusens ist ungemein seicht und der Boden ist nicht blofs, wie man gewöhnlich anzunehmen verleitet wird, Moder und Sand, sondern dieselbe Art von Lehm, Mergel und Kalkstein, wie er sich an dieser ganzen Küste findet. Und dann zweifeln wir sehr, dafs durch die geringe Tiefe der Ausgrabung eine Geschwindigkeit des Wassers von 5 bis 6 F. in der Secunde werde hervorgebracht werden. Wäre das aber auch der Fall, so zweifeln wir, dafs der Strom im Stande sein werde, sich selbst weiter die gewünschte Tiefe auszuspülen; denn als einst das Wasser des rothen Meeres hier durch das enge Thal flofs, war es nicht im Stande, sich mit eigner Kraft den Durchflufs zu *erhalten* und die Kunst mufste zu Hülfe kommen. Die französischen Ingenieurs, welche dies berücksichtigten, schätzten die Kosten über 4½ Millionen Thaler.

Der Capitain *Vetch R. E.* schlägt vor, die beiden Meere in *gerader* Linie zu verbinden, „weil die kürzeste Linie dem Strome die gröfste Ge„schwindigkeit und die stärkste ausspülende Kraft gebe und auch unter glei„chen Umständen am wenigsten kosten würde. Desgleichen würde eine gerade

„Linie am leichtesten zu erhalten sein; denn sobald man einem Canale Bie-„gungen und Ecken gebe, würden die grofsen Massen strömendes Wasser „die Ufer angreifen, die also mit grofsen Kosten befestigt werden müfsten, „und diese Kosten würden alles Maafs übersteigen, wenn die Biegungen zahl-„reich und stark wären, erfolgten aber erst irgendwo Einbrüche, so könne „sich leicht der ganze Wasserlauf ändern, welchem Übel dann abzuhelfen viel „Zeit und Geld nöthig sein würde." Diese Bemerkungen finden keine Anwendungen auf die Wasserstrafse durch die Seen, welche die natürliche Grenze der Verbindung mit dem Meere sind. Die einzige Stelle, wo ein Angriff des Bodens durch den Wasserstrom zu besänftigen sein würde, ist die zwischen den Seen und den niedrigen Ebenen nach dem Mittelmeere zu. [Ein geradliniger Wasserlauf würde nur da gegen den Anbruch der Ufer ganz sicher sein, wo der Boden und die Geschwindigkeit des Wassers völlig gleichförmig sind, was wohl nirgend der Fall ist. Daher schützt die gerade Linie *nicht* gegen den Anbruch; dagegen hat sie andere Nachtheile, z. B. den, dafs das Wasser sehr stark auf- oder hineingetrieben wird, wenn ein starker Wind gerade in der Richtung des Canals weht. D. H.]

Ein wichtiger Umstand, welcher bei jeder Verbindung der beiden Meere in Betracht kommt, scheint noch nicht hinreichend berücksichtigt zu sein. Während 300 Tage im Jahre nemlich wehen die Winde und Brisen nach dem rothen Meere hin, und während der übrigen Zeit der Kamseen nach dem Mittelmeere. Also können Schiffe nach dem rothen Meere hin *segeln* und nach dem Mittelmeere hin von dem *Strome* sich treiben lassen. Dieser Umstand begünstigt die Fahrt durch die Seen mehr als auf dem geraden, engen Canal. Auf der ansehnlichen Wasserfläche der Seen kann der Schiffer jeden günstigen Wind benutzen; auch würde auf dem nicht geraden Canal der Druck des Wassers aus dem Mittelmeer auf das Wasser im Canal die Höhe und Geschwindigkeit desselben reguliren. Die Geschwindigkeit des Stroms müfste so geregelt werden, dafs die Schiffe ihm entgegenzusegeln vermögen. Zum Ziehen der Schiffe würde man, wäre es nöthig, Dampfboote nehmen müssen; Treideln und Bugsiren dürften nicht anwendbar sein.

In der Linie durch die Seen ist das *Ausgraben* eines Canals nur zwischen den einzelnen Seen und zwischen ihnen und den beiden Meeren nöthig. Dazu kommt die von Herrn *Linant* vorgeschlagene Einfassung des Canals an der Westseite; und wir glauben, dafs durch die Ebene nach dem Mittelmeere hin der Canal an *beiden* Seiten eingefafst werden müsse, und zwar so, dafs das

Wasser höher stehen könne als die Ebene, um einen gleichförmigen Strom und eine gleichförmige Wassertiefe zu erlangen; auch wird die Einfassung von der Art sein müssen, dafs der Canal an der östlichen Seite gegen die Sandwehen aus der Syrischen Wüste geschützt wird, die sonst in wenigen Stunden ganze Strecken desselben zuschütten würden; von der andern Seite aber gegen die Überschwemmungen des Nils. An einigen Stellen sind diese Einfassungen ganz unvermeidlich, da die Moräste zum Theil unter dem Wasserspiegel der beiden Meere liegen. Capitain *Vetch* gesteht bei seinem Vorschlag eines geradlinigen Canals durch die Wüste offen, dafs er die Art des Bodens in dieser Linie nicht kenne; und Denen, welche diese Linie gesehen haben, ist die Möglichkeit eines Canals in dieser Richtung zweifelhaft. Herr *Vetch* irrt, wenn er den Boden von Suez ab durchweg für Flugsand hält. Auch ist die möglichste Geschwindigkeit des Wassers nicht überall nöthig, sondern der geradlinige Canal würde nicht allein durchweg befestigt, sondern auch durch starke und hohe Dämme beschützt werden müssen, weil er sonst beständig in Gefahr sein würde, stellenweise durch plötzliche Sandwehen verschüttet zu werden. [Ob aber zum Schutz gegen die Sandwehen *Wälle* hinreichen würden, ist, nach andern Fällen, z. B. denen von Dünen am Meere zu urtheilen, wohl zweifelhaft. Wenn keine *Pflanzungen* möglich sein sollten, dürfte die Beschützung des Canals wohl sehr schwierig und kostbar sein. D. H.] Herr *Vetch* schlägt beim Ausgang aus dem rothen Meer ein Bassin vor, welches er mit grofser Bestimmtheit 1200 bis 1600 Ruthen unterhalb Suez setzt, wo das Wasser schon 24 F. tief sei. Die Ausfahrt soll durch verschiedene parallele gemauerte Canäle gehen, welche nach Bedürfnifs verschlossen werden können und für die gröfsten Canalschiffe weit genug sind. Er will 3 F. in der Secunde Geschwindigkeit hervorgebracht wissen, welche zum Ausspülen des Canals die vortheilhafteste und für die Schiffahrt nicht beschwerlich sei; welchem letzten wir völlig beipflichten. [Wenn der Strom selbst den Canal noch weiter ausspülen soll, was wohl mit 3 F. Geschwindigkeit in nur etwas grofskörnigem Sande kaum geschehen dürfte, würde der Wasserlauf wohl schwerlich lange geradlinig bleiben und die Regulirung der Ufer würde sehr kostbar werden. Vielleicht ist unter Ausspülen nur mehr das Reinhalten des Canals gemeint. D. H.] Er schätzt die Kosten der Ausgrabung des Canals, des Mauerwerks, der Molen, des Hafens etc. auf 14 Millionen Thaler, wobei er für die ganze Länge des Canals 16 Meilen (Pr.) rechnet. Die auszugrabende Erdmasse berechnet er auf 7 300 000 Schachtruthen, wobei

der Canal 20½ F. tief, 93½ F. im Boden und 175 F. in der Wasserlinie breit angenommen ist. Die Ausgrabungskosten werden davon abhangen, welche Arbeiter dazu sich finden. Egyptische Arbeiter, wenn sie der Pascha sendet, erhalten nur 1 Sgr. 8 Pf. (2 d.) täglich. Müssen Leute von fernher geholt werden, so ist der Arbeitslohn viel höher.

Die Vorschläge der Französischen Ingenieure sind schon seit so lange öffentlich bekannt, dafs nur nöthig ist, zu sagen, ihre Absicht sei, das Wasser in dem Canal bis Ras el Moyen mit dem Wasserstande zu Suez *in der Wage* zu halten und dann das ganze Gefälle von 26 F. auf die übrige Länge von 12 820 Ruthen zu werfen, um so einen kräftigen Strom zu erlangen, der fähig sei, den Canal vom Flugsande zu reinigen, ihn in den seichten modrigen Boden der Bai auszuhöhlen und die nöthige Wassertiefe bei Tineh hervorzubringen. [Hier würde denn das oben geäufserte Bedenken in vollem Maafse Statt finden. D. H.]

Herr *Clarkson*, nachdem er erst eine ausführliche Übersicht der Geschichte des alten Canals gegeben hat, schlägt ebenfalls, wie Herr *Vetch*, einen Canal in gerader Linie von Suez nach der Nähe von Tineh am Mittelmeere vor. Er ist ebenfalls der Meinung, dafs ein Gefälle von etwa 1 auf 12 700 völlig hinreichend sein werde, den Canal offen zu erhalten. Die beiden Molen zur Einfassung des Canals am Mittelmeere will er 2500 bis 3000 Ruthen lang ins Meer bis ins tiefe Wasser führen. Diese Verlängerung des Canals würde nach seiner Meinung die Kosten nicht sehr erhöhen. Wir bezweifeln das sehr; das Wasser ist hier viel tiefer als er glaubt, und Molen ins Meer hinein werden sehr kostbar und schwierig zu bauen [und zu erhalten D. H.] sein. Das Mittelmeer im Sturme ist kein Fischteich.

Jetzt erfordert die Reise durch Egypten, 74 Meilen lang, 4 Tage: auf dem Canal würde sie in 3 bis 4 Stunden zurückgelegt werden können. [16 Meilen in 3 bis 4 Stunden auf einem *Canal* zurückzulegen, möchte doch wohl schwierig sein. Indessen ändert sich wenig, wenn auch die doppelte und dreifache Zeit nöthig wäre. D. H.] Dieses ist wichtig für die Politik, für den Handel und für die Kosten der Reise. Aber alles das ist nichts gegen den Vortheil, eine Strafse zu haben, welche unabhängig von jeder Macht ist und die, so lange die brittische Gröfse existirt, von ihr beschützt werden kann, welche Ereignisse und Umwälzungen auch in Egypten vorkommen und welche Zerwürfnisse auch mit andern Mächten sich ergeben mögen [?!]. Der jetzige Weg

durch Egypten beruht nur auf Gefälligkeit, kann sehr bald versperrt werden und steht wahrscheinlich beim Tode des Pascha auf dem Spiel.

Aufser den bis jetzt öffentlich vorgeschlagenen Strafsen giebt es noch eine andere. Sie findet sich in der kleinen Carte angedeutet und hat die Autorität eines erfahrenen und unterrichteten Mannes für sich. Von dem rothen Meere unterhalb Suez zieht sich diese Canallinie nach den bittern Seen, von der Spitze dieser Seen nach Cateih und dann durch den grofsen See von Subaket-Bardoil oder dem König-Baldwins-See nach dem Mittelmeere. Diese Linie ist über Hebrasch, Assebbie, Hassivon, Masinak und Bucaria etwa 17¼ Meilen von dem See aus lang. Sollte man diesen Weg für zu lang erachten, so könnte man auch von der Spitze des rothen Meeres unterhalb Suez geradezu nach Subaket-Bardoil gehen, durch die Vertiefung der höheren Ebene der Wüste gegen Osten. Die Vortheile dieser Linie sind nach unsrer Meinung gröfser, als die Nachtheile des Umweges. Die Linie vermeidet ganz den fruchtbaren Boden von Egypten und bezeichnet die natürliche Begrenzung des Landes; sie weicht den Überströmungen des Nils von dem See Mansaleh her aus, hat einen besseren Ausgang in das Mittelmeer und eine weite Wasserfläche auf den Seen selbst; sie streicht östlich von den Sandhügeln hin, auf einem festen Boden von Kies und Mergel, wo sie in der höheren Lage selten von den Überströmungen des Wüstensandes erreicht wird. Der See hängt mit dem Meere durch eine weite Mündung zusammen, von wo ein Salzwasserstrom sich nach Arabien hineinzieht.

Mit aller Achtung für die Ansichten des Herrn *Anderson* sind wir der Meinung, dafs, ehe man zu der Ausführung irgend eines der verschiedenen Entwürfe schreitet, vom Pascha von Egypten die vollständigste, von den grofsen Europäischen Mächten verbürgte Sicherheit erworben werden müsse, dafs Die, welche den Entwurf ausführen, vollen Schutz finden und unbelästigt von irgend einer Macht die Früchte ihrer Arbeit erlangen können. Ein Canal, angemessen der Gröfse, dem Reichthum und dem Unternehmungstriebe unserer Tage, sollte ein *grofses* Werk sein, allen Völkern offen und von keinem abhängig. [Wahrscheinlich möchte Das, was allerdings zu wünschen, wohl noch schwieriger zu erlangen sein, als die Beschützung des Werks in allen Zeitläuften. Wenn nicht die *dortige Landes-Obrigkeit* den Canal baut, sei es für eigenes oder fremdes geliehenes Geld, so möchte er wohl schwerlich jemals zur Ausführung kommen; *dieser* Macht allein kann am wenigsten Jemand die Ausführung des Werks verbieten. D. H.] Der Canal sollte breit

und tief genug sein für die gröfsten Schiffe und die schwersten Ladungen. Der Canalzoll müfste von den Europäischen Mächten festgesetzt werden. Der Canal müfste von dem Pascha gänzlich unabhängig sein; es müfste ihm nicht mehr als einem Actionnair eine Einmischung zustehen, und die Corporation müfste nicht das Recht haben, irgend einem Lande oder einem Gemeinwesen ihre Thore zu verschliefsen. Das Nächste wäre, durch Abtretung oder Kauf einen Streifen Landes, quer durch die Land-Enge, für den Canal zu erwerben. Die westliche Seite des Streifes wäre die Grenze gegen Egypten, die östliche Seite würde von Meer zu Meer 2 bis 2½ Meilen breit vorrücken. Dieser Landstreifen müfste ein besonderes Paschalik bilden, welches der Obrigkeit von Egypten oder der Türkei eine geringe Steuer zahlte, aber sonst ganz unabhängig von beiden wäre. Die Corporation müfste das Recht haben, an den Mündungen des Canals Festungen zu bauen, stark genug, um ihren Besitz und die Erhebung der Zölle zu schützen; sie müfste gegen Bezahlung Arbeiter, und was sonst Egypten zur Ausführung liefern kann, haben können. Ist dies, fragen wir, zu erlangen? [Was sollte wohl den Sultan oder den Pascha zu *solchen* Bewilligungen bewegen?! D. H.] Anders würden schwerlich Capitalisten sich finden, welche die nöthigen grofsen Summen hergeben, in der steten Befürchtung, dafs der Pascha die Zölle in Beschlag nähme, welche allein die Zinsen gewähren können. Der Geiz des Pascha ist bekannt, und dagegen giebt es keinen Schutz; wäre man aber auch bei seinen Lebzeiten gegen Beeinträchtigung und Verluste sicher, wer mag wissen, was unter seinen Nachfolgern geschieht? Dieses also wäre der erste Schritt für jede sich bildende Unternehmungs-Gesellschaft. Wahrscheinlich würde Mehemet Ali dem Plan nicht entgegen sein, und wäre er es aus Geld-Rücksichten, so würden hier 1 oder 1½ Million Thaler gut angewendet sein, für welche die Speculanten sich durch den Lohn der Egyptischen Arbeiter bezahlt machen könnten [sic!]. Es ist nicht nöthig, dafs das Zollrecht, wie Herr *Anderson* es für nothwendig erachtet, auf seine Familie übergehe. Der Pascha verliert nichts als einen Streifen Wüste und gewinnt dagegen einen Verbindungsweg für die verschiedenen Theile von Egypten, nebst Zollfreiheit, wenn er sie verlangt, für sich und seine Unterthanen, so wie eine Strafse von seinen Besitzungen nach dem rothen Meere, nächst einer jährlichen Summe Geldes. Ist die Einwilligung des Pascha und des Sultan erlangt, dann, und erst dann, kommt es auf die Wahl der besten Linie an; *an der Ausführbarkeit des Canals ist nicht der geringste Zweifel.* Unternimmt der Pascha selbst das Werk, so ist dabei

nichts weiter zu sagen, als dafs seine Zölle nach den Wünschen Derer bestimmt werden müssen, die ihm bei dem Unternehmen unterstützten. Es ist wenig wahrscheinlich, dafs die Europäischen Mächte einstimmig sein würden, ein Unternehmen zu befördern, bei welchem England ein so überwiegendes Interesse hat, nemlich das der Befestigung seiner Macht in Osten. Obgleich alle Länder an den Küsten des Mittelmeers ebenfalls dabei wesentlich gewinnen, ist dies letztere doch in weit geringerem Maafse der Fall. Östreich möchte vielleicht nicht geradezu widerstreben; aber Rufsland und Frankreich würden neidisch auf ein Werk sein, welches den Handel von England noch blühender machen würde. Es kann also nur von einer ***Unternehmungsgesellschaft*** die Rede sein, an welchem der Pascha Theilnehmer ist, mit Rechten, ähnlich denen der Ostindischen Compagnie, und die blofs für die Innehaltung der Bedingungen und der Bestimmung der Zölle verantwortlich ist. Politische Betrachtungen, sagt Herr *Clarkson,* sind der Frage fremd; aber die Frage löset sich von selbst in solche Betrachtungen auf. Die Brittische Flagge würde hier für immer in Egypten wehen und wer mag sagen, was davon die Folgen sein würden. Die Kosten des Canals werden sich nach dem Maafsstabe des Zwecks richten, so wie seine Maafse. Die Häfen an den beiden Meeren werden kostbar sein. Die Kostenschätzungen schwanken von $1\frac{1}{4}$ bis $16\frac{2}{3}$ Millionen Thaler. Nach unserer Meinung wird das Minimum der Kosten ***10 Millionen Thaler*** sein, was also, zu 5 pr. C., $\frac{1}{4}$ Million Thaler an Zinsen beträgt, ohne die sonstigen Ausgaben. Wir sagen daher mit dem Foreign Quarterly Review „Die „Kosten sind im Vergleich mit dem unermefslichen Nutzen so geringe, dafs „es zu verwundern ist, dafs das Werk nicht längst, entweder durch eine Unter„nehmungsgesellschaft, mit Unterstützung des Pascha, oder von diesem selbst „ausgeführt wurde." Die Vortheile einer Unternehmungsgesellschaft würden grofs sein, denn abgesehen von dem grofsen Handelszuge, der dorthin gelenkt werden würde, abgesehen, dafs durch diese Wasserstrafse Abyssinien eröffnet wird, so wie das ganze Innere von Africa, den Künsten, der Civilisation und den Europäischen Religionen, ist auch das rothe Meer reich an Naturproducten und die Fischer des Mittelmeeres würden es in Masse besuchen, wegen seiner Perlen und Perlmutter, wegen der Schildkröten, der Schwämme, die die schönsten auf der Erde sind, wegen seiner Corallen für den Handel und zum Schmuck, wegen des Trahns von Stören und Haien, und wegen anderer nützlicher Dinge. [Warum denn also nicht den Herrn des Landes, den Sultan oder den Pascha lieber bewegen, dafs er die Kosten des Werks annimmt, unter der ***Bedingung,***

dafs er, während der Canal sein Eigenthum bleibt und er nicht einen Zoll breit Landes abtritt, einwillige, dafs das Werk von den Mächten, die das Geld geben, nach den Regeln der Kunst ausgeführt und von allen, so wie von dem dortigen Landesherrn selbst, für immer und zwar *zollfrei* benutzt werde. Es giebt aber in der That kaum etwas Widersprechenderes, als erst eine Strafse zur *Erleichterung* des Verkehrs zu bauen und dann den Verkehr darauf wieder durch hohe Zölle zu *erschweren*. Einer Gesellschaft, oder auch einer andern Macht, ein Stück Land *abzutreten*, und sie dort *Festungen* bauen zu lassen, dazu möchte der Sultan oder der Pascha doch wohl schwerlich zu bewegen sein, und wenn er es thut, sich wohl bei der ersten Gelegenheit bewogen finden, das Recht des Stärkern zu versuchen: eher aber möchte er zu bewegen sein, Etwas anzunehmen, was seiner Souverainetät nicht den geringsten Eintrag thut und nur Nutzen, nicht Schaden irgend einer Art für ihn haben kann. Dann aber auf die Erfüllung der Bedingungen zu bestehen und sie nöthigenfalls zu erzwingen, würden die Geschenkgeber nicht blofs das Recht des Stärkeren, sondern ein *wirkliches* Recht haben. Das Geschenk selbst seinem Betrage nach (angenommen 10 Millionen Thaler) ist, wie der Verfasser sehr richtig sagt, wenig bedeutend im Verhältnifs des unermefslichen Nutzens und würde eine wahre Kleinigkeit sein, wenn die Regierung von England etwa mit Frankreich und den andern Uferstaaten am mittelländischen Meere sich darin theilte. Diese andern Staaten eben dürften nicht etwa Ursach haben, zu fürchten, dafs sie nur Englands Wohl befördern helfen. Der Nutzen des Orients für Europa wird durch die freie und abgekürzte Schiffahrt dorthin ausgebeutet, und er ist am Ende für Diejenigen wohl noch gröfser, welche blofs mit dem Orient in Verkehr kommen, als für England, welches ungeheure Kräfte aufzuwenden hat, um in Indien die Oberherrschaft zu behaupten. D. H.]

Wegen der übrigen noch einfachen und wichtigen Puncte bei diesem Gegenstande müssen wir unsere Leser auf die im Eingange genannten Schriften selbst verweisen, so wie auf die andern Aufstellungen, welche in das Publicum gelangt sind. Wir mögen aber diese Notiz nicht schliefsen, ohne die Leser noch auf eine Flugschrift des unermüdlichen Herrn *Waghorn* aufmerksam zu machen, welcher angelegentlich auf die Berechtigung dringt, Brieffelleisen, statt monatlich, alle 14 Tage zu befördern, welchem Andringen wir herzlich beitreten.

Erklärung der Bezeichnungen auf der kleinen Carte Taf. VII. Fig. 1.

T. bedeutet Tineh; *P.* Pelusium; *S. B.* den See Subaket-Bardoil; *P. B.* den Pelusischen Nilarm; *T. B.* den Tumetischen Arm; *Bu.* Bubastes; *B.* Belbeis.

Die verschiedenen vorgeschlagenen Strafsenlinien sind folgende.

1. Ist die vom Capitain *Vetch*, Bir Makdal genannte Linie.
2. Ist die Thaubastum-Linie.
3. Ist die ebenfalls von Herrn *Vetch* vorgeschlagene Ras el Moyeh-Linie.
4. Ist die französische, von Herrn *Linant* vorgeschlagene Linie.
5. Ist die von uns vorgeschlagene Linie.
6. Ist die innere französische Linie.
7. Ist der alte Canal.
8. Ist die jetzige Strafse des Herrn *Waghorn*.

II.

Nachricht von dem Entwurf einer Eisenbahn von Cairo nach dem rothen Meere, zur Verbindung desselben mit dem Mittelmeere.

Im Januarheft dieses Jahrgangs haben wir in einer (hier vorstehend mitgetheilten) Notiz unsere Leser auf die verschiedenen Entwürfe aufmerksam gemacht, welche zu einem Schiffahrts-Canal vom Mittelmeere nach dem rothen Meere aufgestellt worden sind; unter Beifügung einer kleinen Carte, auf welcher sich die verschiedenen Strafsenlinien zwischen den beiden Meeren angedeutet finden. Seitdem ist unser Interesse für eine abkürzende Strafse nach Ost-Indien unverändert geblieben, und wir benutzen jetzt mit Vergnügen die Bemerkungen, welche Herr *Galloway* über die Linie der *Eisenbahn* gemacht hat, durch die man Cairo und Suez zu verbinden beabsichtigt. Gewifs ist es, dafs England alle Ursach hat, seine Verbindung mit Ost-Indien noch enger zu schliefsen; denn treiben uns auch dazu nicht schon die Interessen des Handels, so geschähe es in Folge der von Sir *Robert Peel* in seiner berühmten Rede über das Budget eingestandenen Thatsachen noch dringender durch den

innigsten Zusammenhang der Finanzen von England und Indien. Dazu kommt die uns obliegende grofse Verantwortlichkeit für die Verwaltung eines von 150 Millionen Menschen bewohnten Landes, welche eine ununterbrochene und rasche Einwirkung der heimischen Behörden erfordert. Schliefsen wir von dem Guten, welches schon die bisherigen Maafsregeln hervorgebracht haben, auf die Folgezeit, so finden wir auch darin alle Ursache zur Beharrlichkeit. Niemand wird wohl jetzt schon mehr die schnelle Beförderung der Briefe, Depeschen und Passagiere nach Bombay und Calcutta mit der unsichern und langwierigen Reise derselben um das Vorgebirge der guten Hoffnung herum vertauschen wollen, obgleich die Unbequemlichkeiten der jetzigen Strafsen durch das Land noch für Frauen und Kinder zu grofs sind, die, um *bequemer* zu reisen, noch den Weg um Africa herum vorziehen. Durch Beschleunigung des Durchgangs durch Egypten werden sich die jetzigen Unbequemlichkeiten des Landweges noch sehr vermindern, und die Dauer der Reise läfst sich noch um einen Tag abkürzen. Durch die Thätigkeit und die Unternehmungskräftigkeit der Überland-Beförderungs-Gesellschaft und des Herrn *Waghorn*, so wie durch die Concurrenz, welche sie antreibt, ist mit den jetzt in Egypten zu erlangenden Transportmitteln schon Alles geschehen, was *möglich* ist; aber selbst auf den verbesserten Strafsen vermögen die Cameele, Pferde und Maulthiere unter dem tropischen Clima, und in einer Gegend, wo es keinen Tropfen Wasser giebt, nicht, ihre Kräfte noch mehr anzustrengen. Ein Schiffahrts-Canal, wie nützlich er auch für den Transport von Waaren sein würde, könnte doch immer nur wenig die Beförderung der Briefe und Passagiere beschleunigen. [Aber die Passagiere würden wenigstens *bequemer* reisen, und dann doch bei weitem nicht so viel Zeit verlieren, als auf der Reise um Africa herum. D. H.] Die äufserste Beschleunigung vermag nur eine *Eisenbahn* zu gewähren. Sie würde die Reise beschleunigen, sie bequemer und wohlfeiler machen, also die Vortheile der Strafse über Land nach Indien noch erhöhen, und eine gröfsere Zahl von Reisenden an sich ziehen. Da nun auf dieser Strafse für die Regierung, für die Ostindische Compagnie, für den Handel, für Reisende und für die Indisch-Englische Gesellschaft selbst, die Ersparung weniger Stunden Zeit von Wichtigkeit ist, so verdient der Entwurf einer *Eisenbahn* zwischen Cairo und Suez allseitige Aufmerksamkeit.

Die Beschaffenheit der Wüste bei Suez ist aus den Beschreibungen der Reisenden nach Indien ziemlich bekannt. Der Boden in der Wüste besteht aus hartem Kies und Kieseln und hat ganz das Aussehen eines trocknen Meeres-

strandes mit wellenförmiger Oberfläche, hie und da mit Hügeln aus Steinen und Sand besetzt, aber ohne einen einzigen Brunnen und ohne einen Tropfen Wasser, und es läfst sich fast sagen, ohne irgend eine Pflanze. Die Wüste ist etwa 15 Meilen breit, und die beste Strafse durch dieselbe zu finden, war längst in Egypten eine wichtige Aufgabe. Im Jahre 1834 wurde der berühmte ***Bey Galloway*** von Sr. Hoheit Mehemet Ali aufgefordert, die Gegend zu besichtigen, in der Absicht, eine Eisenbahn von Cairo nach Suez zu bauen. Er fand diese Eisenbahn vollkommen ausführbar und wurde ermächtigt, damit zu beginnen. Es ist in der That leicht zu sehen, dafs hier nur wenige Schwierigkeiten vorhanden sein können und dafs geringere Kosten nöthig sein würden, als anderswo. In der Wüste giebt es keine habgierige Grund-Eigenthümer, keine Schadenrechnungen, keine parlamentarischen Kosten, keine Advocaten-Gebühren, die zu bezahlen wären. [Es giebt in der Wüste keine Menschen, sonst würde das alles nicht fehlen. D. H.] Der Boden ist fest und es sind keine kostbaren Erd-Aufschüttungen und Einschnitte, keine Tunnels, Brücken und andere kostbaren Bauwerke nöthig. Also ist hier eine Eisenbahn in einer einzigen Linie eben so wohlfeil ausführbar, als irgendwo in den vereinigten Staaten, nachdem erst alles Nöthige in die Wüste geschafft sein wird. Der Entwurf versprach der egyptischen Regierung mannichfache Vortheile und ***Galloway Bey*** schritt schon zum Werk durch Bestellung von Schienen und Dampfwagen in England, als sein unglücklicher Tod und die politischen Wirren im Orient den Intriguen widerstrebender Diplomaten die Gelegenheit gaben, eine Verschiebung der Ausführung zu erlangen. Die Einnahme vom überlandischen Handel hörte damals fast ganz auf. Es ist zu bemerken, dafs in Egypten Alles was vorgeschlagen werden mag, allen Arten von Intriguen und Chicanen der französischen Agenten ausgesetzt ist, die immer eifrig bemüht sind, sich einzumischen, und Egypten wie ihre Provinz zu behandeln, und die übrigen Mitglieder des fremden diplomatischen Corps bleiben auch nicht zurück. [Ob Agenten irgend eines Landes, in Fällen, wo sie ihres Landes Interessen in Gefahr glauben, irrig oder nicht, wohl anders verfahren würden? D. H.] So wurde denn der Entwurf zur Eisenbahn eifrig von ihnen verschrieen und dagegen der Entwurf zum ***Canal*** überschätzt, weil die ***Eisenbahn*** besonders die *englischen* Interessen befördern und Frankreich, Östreich und Italien wenig nutzen würde [Würde man denn aber die Eisenbahn zu benutzen nur Engländern gestattet haben? D. H.], der Canal dagegen dem Handel von Marseille, Triest und Syro den Weg nach dem Rothen, Persischen

und Arabischen Meere öffnete und allen diesen Handel in das Mittelmeer zu ziehen versprach. [Welche verfehlte Ansicht von dem *eignen* Vortheile! D. H.] Die Eisenbahn würde Reisende, Depeschen, Briefe und leichte Güter, meist aus England und von England bezahlt, befördern, also wenig anlockend für den fremden Handel sein, der in unserer Meinung hier unberufen und unnöthig war. [!!]

Im letzten Jahre erneuerte Se. Hoheit die Bevollmächtigung des Hauses *Galloway*, und Herr *John Alex. Galloway* setzte sich mit der heimischen Regierung in Unterhandlungen, welche günstig aufgenommen wurden; indessen ist die Vereinigung noch nicht gelungen. Er war von Sr. Hoheit ermächtigt, vorzuschlagen, dafs die Eisenbahn gebaut werden sollte, wenn die Englische Regierung einen Briefzoll (portage) verbürgen wolle. Dieses Anerbieten scheint aus irgend einem Grund in seinen Einzelnheiten nicht günstig aufgenommen worden zu sein, obgleich Herr *Galloway* andeutet, dafs der Pascha mit einem Piaster [2 Sgr. 1 Pf. (2½ d.)] für den Brief völlig zufrieden gewesen sein würde. Dafs das Publicum dieses Porto gern bezahlt haben würde, ist kein Zweifel, wenn man erwägt, wie bereit es ist, weit mehr für den Cours über Marseille zu zahlen. Und dann ging der Piaster auf den jetzigen Durchgangszoll ab. Wir hoffen indefs, dafs, wenn unsere Regierung hier eine Abneigung haben sollte, die egyptische Regierung dennoch nicht zögern werde. Willigt unsere Regierung nicht in den jetzigen gemäfsigten Vorschlag, so wird sie der Willkür Mehemet Ali's sich preisgeben und man wird bezahlen müssen, was er verlangt; denn die Gewalt der öffentlichen Meinung wird die Benutzung der Strafse durchsetzen, sobald sie einmal da sein wird. [Hier müssen wohl noch Umstände obwalten, welche der gegenwärtige Artikel nicht berührt; denn dafs sonst die so einsichtige englische Regierung einen Vorschlag, der dem Lande vortheilhaft sein würde, nicht annehmen sollte, ist zu bezweifeln. D. H.]

Herr *Galloway* widersetzt sich bestimmt allen den Projecten zu dem *Schiffahrtscanal* und, wie es uns dünkt, mit einigem Anschein von Recht; denn alle drei vorgelegten Entwürfe zu dem Canal gehen von Leuten aus, die niemals zur Stelle waren. Die beiden französischen Ingenieure Sr. Hoheit, *Soliman* Pascha und *Galice Bey*, welche die Reste des alten Canals bei Suez besichtigten, haben niemals den Rest der Linie untersucht. Andrerseits bringt Herr *Galloway* das entgegengesetzte Zeugnifs eines Ingenieurs bei, welcher zur Stelle war, und beruft sich auf den Capitain *Glascock* von Ihr. Maj. Schiff Tyne, so wie auf den Schiffsmeister desselben Fahrzeuges, welche versichern, dafs

die Küste bei Tineh für Segelschiffe beinahe unfahrbar sei. In der That liegt die Stelle in einem Winkel zwischen zwei niedrigen Küsten und ist also sehr gefährlich; etwa wie die Küste östlich von Ostende und östlich von Hamburg, wo die Schiffe, wenn sie den Hafen verfehlen, nothwendig scheitern und unvermeidlich verloren gehen müssen. Aufserdem sind an beiden Enden des Canals Molen in die Meere hinaus, auf 1700 R. und 2600 R. lang, und sonst sehr beträchtliche Bauwerke nöthig. Capitain *Vetch* schätzt die Kosten des Schiffahrts-Canals auf 13½ Millionen Thaler. Herr *Galloway* bringt gute Gründe für den Zweifel vor, dafs diese Summe ausreichen werde. In jeder Rücksicht ist es fast offenbar, dafs, bei dem gewöhnlichen Zustande der egyptischen Finanzen, das nöthige Capital sich nicht finden werde, so lange nicht egyptische Interessen in hinreichendem Maafs zum Antrieb der Ausführung eines solchen Werks vorhanden sind. Herr *Galloway* sagt, wenn Egypten eine Englische Provinz wäre, so würde der Canal ausgeführt werden: jetzt aber wird weder die Egyptische, noch die Englische Regierung ein Werk unternehmen, dessen Kosten und Ertrag ungewifs sind. [Ja, der *directe* Ertrag, der *Wegezoll;* aber der *indirecte* Ertrag vom Aufblühen des Handels und Verkehrs ist sicher nicht ungewifs. Und auf den *directen* Ertrag mag etwa ein Einzelner oder eine Gesellschaft Einzelner speculiren, aber ein ganzes Land mufs wohl auch auf den *indirecten* Ertrag rechnen, und rechnet, wenn es anders verfährt, seinem eignen Nutzen zuwider. D. H.] Die Eisenbahn ist also die *einzige* Aushülfe. [Ein Schlufs ohne Fundament. D. H.] Sie ist am vortheilhaftesten für unser Land, und wir hoffen, man werde die Ausführung derselben mit Kraft fördern. Zu einer Eisenbahn haben wir die Schienen, die Dampfwagen, die Bahnwagen und die Kohlen zu liefern, zu dem Canal nichts; während zugleich die Interessen von England und von Egypten durch die Eisenbahn besser befördert werden, als durch den Canal. [Die Schienen-, Dampfwagen- und Bahnwagen-Fabriken und die Kohlenlieferanten sind aber noch nicht England und die Besorgung von Briefen und leichten Waaren ist noch nicht der Handel!! D. H.]

Ehe wir schliefsen, wollen wir noch der Regierung die Strafse *durch Syrien* empfehlen, als Aushülfsmittel für den Fall zu grofser Schwierigkeiten des Durchgangs *durch Egypten.* Die Strafse durch die Thäler des todten Meeres und von Jerusalem, welche im Alterthum die Phönizier und Salomo benutzten, um den Indischen Handel von Egypten abzulenken, wird immer ein gutes *Aushülfsmittel* für den Fall einer Unterbrechung unserer politischen und Handelsverbindungen mit Egypten sein.

Erklärung der hier beigefügten Carte und des Profils. Die Absicht Sr. Hoheit des Pascha ist, Eisenbahnen sowohl von Alexandria als von Suez nach Cairo bauen zu lassen. Und dann sollen, den örtlichen Verhältnissen gemäfs, Zweigbahnen von Cairo selbst nach der Haupt-Ablage gebaut werden. Die in der Carte mit *A* bezeichnete Strafse ist die nach Alexandria, *B* die nach Cairo, *C* ist eine kurze Strecke zur Prüfung der Dampfwagen etc. [Es wäre wohl wunderlich, *dazu* eine eigene Eisenbahn zu bauen. D. H.] *D, D, D,* .... ist die Eisenbahn nach Suez, welche 16 Meilen geradeaus fortgeht und, bei dem Fort Aggoroot sich rechtwinklig in einen Bogen wendend, von da weiter nach Suez und nach dem Meere läuft, wo ein Hafen gebaut werden soll. Die ganze Länge der Bahn ist 18 Meilen. Das Profil zeigt, dafs die Gefälle auf dem gröfseren Theil der Linie sehr gering sind. Tunnels kommen nicht vor, und die Schwierigkeit anderer Bauwerke ist sehr gering.

Nachschrift des Herausgebers dieses Journals.

So eben (im Juni 1845) erzählen die politischen Zeitungen, es habe der brittische Major Sir *W. C. Harris* in einem eigends darüber ausgearbeiteten Aufsatz der Ostindischen Compagnie den Plan zu einer Eisenbahn über die Land-Enge von Suez vorgelegt, welche so gebaut werden soll, dafs darauf *beladene Kauffahrtheischiffe* transportirt werden können. Die Dampfmaschinen, welche erforderlich sein würden, um ein Schiff von 800 Tonnen Last auf der Eisenbahn fortzuschaffen, würde nach dem Aufsatze des Herrn *Harris* etwa die dreifache Kraft eines gewöhnlichen Dampfwagens haben müssen und diese Kraft sei leicht anzubringen, da die Bahn eine gröfsere Breite als gewöhnlich bekommen müsse. Die Masten der Schiffe müfsten umgelegt werden können und während der Fahrt flach liegen, damit der Wind nicht im Stande sei, darauf zu wirken. Da die Entfernung von Cairo nach Suez, den beiden Hauptstationspuncten, nur etwa 18 Meilen (Pr.) betrage, die man in 6 Stunden zurücklegen könne, so würde eine tägliche Verbindung hin und her sich selbst auf *nur einem* Schienenpaar einrichten lassen.

Der Gedanke, beladene Schiffe auf einer Eisenbahn zu transportiren, ist allerdings an sich nicht neu, aber er ist schwerlich vorher jemals mehr als blofs angedeutet, dann aber wahrscheinlich bald wieder in das Reich der Träume verwiesen worden. Gleichwohl gehört er dahin schwerlich, und der Herr Major *Harris* hat vielmehr ein wahres Verdienst, diesen Gedanken zuerst

weiter entwickelt zu haben. Der Herausgeber des gegenwärtigen Journals hat den Aufsatz des Herrn *Harris* noch nicht zu Gesicht bekommen können, aber auch ohne die Auseinandersetzungen in demselben zu kennen, wird sich nachweisen lassen, dafs der Gedanke keineswegs unausführbar sei. Wir wollen hier einige vorläufige Erörterungen darüber geben und, sobald die Abhandlung des Herrn *Harris* zu haben sein wird, über dieselbe weiter berichten.

Wir nehmen an, es sollen beladene *Dampfschiffe*, und zwar eiserne Dampfschiffe mit der archimedischen Schraube, auf einer Eisenbahn transportirt werden. Dergleichen Schiffe werden sich dazu besser eignen als *Segelschiffe*, weil sie *länger* und *schmäler* sind als diese.

Das gröfste, bis jetzt vorhandene *Meerdampfschiff* ist das *Great-Britain*. Dieses Schiff ist 310 F. lang, 48 F. breit, taucht 15½ F. tief ins Wasser und trägt 78 850 Ctr. Die Dampfmaschine, welche es in Bewegung setzt, hat die Kraft von 1000 Pferden. Das gröfste bis jetzt gebaute *Flufsdampfschiff* ist der *Hudson*. Es ist 320 F. lang, 29 F. breit, taucht 7¾ F. tief ins Wasser und trägt 23 650 Ctr. Die Dampfmaschine auf demselben hat die Kraft von 450 Pferden. Wir rechnen nicht darauf, dafs dergleichen riesengrofse Fahrzeuge auf der Eisenbahn fortzuschaffen seien, sondern gedenken ihrer nur als der gröfsten, bis zu welchen man bis jetzt gelangte und von welchen also bei der vorliegenden Frage möglicherweise die Rede sein könnte. Wir nehmen mit Herrn *Harris* ein Dampfschiff an, welches 15 770 Ctr. (800 Tonnen) trägt. Ein solches Dampfschiff, und zwar für die *Meerfahrt* bestimmt, wird etwa 200 F. lang, 30 F. breit sein und 10 F. tief ins Wasser tauchen, denn z. B. der Cyklops, ein brittisches Kriegsschiff, welches 25 620 Ctr. trägt und 320 Pferde Kraft hat, ist 220 F. lang, 37 F. breit und taucht 14½ F. tief ins Wasser.

Angenommen also, ein 200 F. langes, 30 F. breites und 15 770 Ctr. ladendes Schiff solle auf einer Eisenbahn transportirt werden, so lassen sich darunter 50 Paar Räder setzen; denn die *gewöhnlichen* Räder der Lastwagen auf Eisenbahnen haben 3 F. im Durchmesser, und wenn man sie hier auch etwas gröfser macht, weil die Achsen stärker sein müssen als gewöhnlich, so können doch immer alle 4 F. ein Paar Räder sein. Es würden also 25 vierrädrige Lastwagen sein, auf welche die Last zu vertheilen wäre. Ein gewöhnlicher vierrädriger Eisenbahnlastwagen wiegt etwa 30 Ctr. Wir nehmen, da hier alles viel stärker sein mufs, 100 Ctr. für den Lastwagen. Dann würde das Gewicht der für das Schiff nöthigen *Eisenbahnfahrzeuge* 250 Ctr. betragen.

Für das Gewicht des Schiffes selbst rechnen wir, da Fahrzeuge zu Lande und zu Wasser gewöhnlich etwa den dritten Theil ihrer Ladung wiegen, 5260 Ctr. Dieses giebt zusammen für die von dem Dampfwagen fortzuziehende Last 15 770 + 5260 + 2500 = 23530 Ctr. und für die auf den Lastwagen ruhende Last 15 770 + 5260 = 21 030 Ctr.

Diese letztere Last wird auf 100 Räder vertheilt, also werden auf jedes Rad etwa 110 Ctr. drücken. Es giebt Dampfwagen mit 6 Rädern, welche 350 bis 400 Ctr. wiegen, also kommt bei diesen etwa 60 Ctr. auf ein Rad; aber die Last ist auf die 6 Räder nicht gleich vertheilt, sondern auf die Triebräder drückt ein *gröfserer* Theil der Last. Es läfst sich annehmen, dafs schon jetzt Fälle vorkommen, wo bis zu 100 Ctr. auf einem Rade ruhen. Wir bleiben aber bei 60 bis 70 Ctr. stehen und es folgt dann, dafs die Eisenbahn unter dem Schiff *dreimal* so stark würde sein müssen als jetzt gewöhnlich. Dazu sind indessen noch keineswegs 3mal so starke und schwere Schienen nöthig, sondern sogar die *gewöhnlichen* Schienen, von 15 bis 18 Pfd. auf den laufenden Fufs schwer, könnten ausreichend *gemacht* werden, wenn man die Querhölzer statt wie gewöhnlich 3 F. von Mitte zu Mitte entfernt, dicht an einander, also die Stützpuncte nur 1 F. von einander entfernt legte; was auch sogar besser und, nebst noch Längshölzern unter den Querhölzern, *nothwendig* sein würde, um eine gröfsere Fläche des Bodens zum Tragen zu bringen. Müfsten aber auch wirklich die Schienen 2 und 3mal so stark sein, als gewöhnlich, so wäre dies noch nichts Unausführbares und die *Eisenbahn an sich* würde dann das Dreifache, also statt wie gewöhnlich etliche und dreifsig Thaler, etwa 100 Thaler auf die laufende Ruthe kosten. Aber die gesammten Kosten der Strafse sind deshalb noch nicht das Dreifache; denn die Kosten der Eisenbahn *an sich* sind meistens kaum die Hälfte der *gesammten* Kosten, und die Kosten des Dammes der Brücken etc. erhöhen sich hier nicht auf das Dreifache; die der Gebäude gar nicht. Also würden die Kosten vielleicht nur auf das Doppelte der gewöhnlichen steigen. Steigen sie aber auch auf das *Dreifache,* so ist das für den Zweck in Fällen, wie es z. B. der hier bei Suez sein kann, noch nichts Unverhältnifsmäfsiges.

Die von dem Dampfwagen fortzuziehende gesammte Last war 23 530 Ctr., wozu noch das Gewicht der Dampfwagen selbst kommt. Die Last wird also im Ganzen vielleicht 25 000 Ctr. sein. Auf *horizontaler* Eisenbahn ist der 250te Theil der Last an Zugkraft nöthig. Also würde hier 100 Ctr. Zugkraft erforderlich sein. Aber da auch Anhöhen zu ersteigen sein werden, so mufs

auf mehr gerechnet werden. Auf Steigungen von 1 auf 250 ist schon die doppelte, auf Steigungen von 1 auf 125 die dreifache Zugkraft nöthig. Für Steigungen der letzten Art kann man schon auf Hülfsdampfwagen rechnen. Wir setzen also, dafs 300 Ctr. Zugkraft nöthig ist. Die Zugkraft eines Dampfwagens ist nicht durch die Maschine begrenzt, denn diese kann man fast beliebig verstärken, sondern durch die Kraft, mit welcher die Räder des Dampfwagens auf die Schienen eingreifen. Diese ist mindestens auf den 5ten Theil der auf den Rädern ruhenden Last zu rechnen, also müssen die Dampfwagen, deren Räder dann zu kuppeln sind, 1500 Ctr. und für Steigungen von 1 auf 250, für welche 200 Ctr. Zugkraft nöthig ist und von welcher angenommen werden mag, dafs sie *ohne* Hülfswagen erstiegen werden sollen, 1000 Ctr. wiegen. Dies ist das Gewicht von 3 gewöhnlichen Dampfwagen, und dies stimmt mit Dem was die Zeitungen aus dem Aufsatz des Herrn Major *Harris* berichten. Also für die Construction der Eisenbahn und für die Dampfwagen findet sich nichts Unausführbares. Aber es giebt noch andere Schwierigkeiten.

Eine derselben ist die, welche die nie ganz vermeidbaren *Krümmen* der Bahn machen. Ein Zug an einander gehängter, einzelner beladener Wagen kann sich *biegen:* das auf die 25 Wagen geladene 200 F. lange Schiff aber nicht, oder doch nur sehr wenig und gewifs nicht so viel, als es die Krümme erfordert. In einer Krümme von 500 R. Halbmesser weicht eine 200 F. lange gerade Linie in der Mitte von dem Bogen schon um 10 Zoll ab, in Krümmen von 250 R. Halbmesser schon um 1 F. 8 Zoll und in Krümmen von 100 R. Halbmesser um 4 F. 2 Zoll. Aber auch hier würden sich wohl noch Mittel finden lassen; nemlich wenn man das Schiff auf Rollen setzte, die sich auf den Plateformen der Wagen *seitwärts* bewegen können. Krümmen mit weniger als 250 R. Halbmesser werden sich übrigens wohl meistens vermeiden lassen.

Eine ähnliche Schwierigkeit macht das *Steigen und Fallen* der Bahn, aus welchen Krümmen im Längsdurchschnitt der Strafsen entstehen. Aber hier hat man es durch die Dämme in der Gewalt. Diese Krümmen so sanft zu machen, dafs auf 200 F. Länge eine Abweichung von nicht mehr als 1 bis 2 Zoll entsteht, und gegen diese müssen die Federn der Wagen aushelfen, die sehr stark sein müssen, aber hier weniger noch als in den gewöhnlichen Fällen fehlen dürfen, damit die 25 Wagen ihre grofse Last möglichst *gleichmäfsig* tragen.

Die *Breite* der Ladung von 30 F., welche gegen die von 8 bis 10 F. der gewöhnlichen Ladungen sehr ansehnlich ist, würde eine gröfsere Spur-

breite der Eisenbahn erfordern, wie auch Herr *Harris* sie verlangt. Giebt man der Bahn statt der gewöhnlichen Spurbreite von noch nicht 5 F., 10 bis 12 F. Spurbreite, so wird das Verhältnifs ziemlich hergestellt. Die Wagen würden natürlich ein Gerüst von der äufsern Form des Schiffes tragen müssen, in welchem sich das Schiff lagern könne.

Das *Niederlegen der Masten*, welches Herr *Harris* verlangt, dürfte allerdings wohl nöthig sein, aber nicht sowohl deshalb, damit die Luft bei der schnellen Fahrt nicht dieselbe aufhalte, sondern damit der Wind *von der Seite* weniger auf die Ladung wirke. Die Masten auf *Dampfschiffen* sind übrigens nicht bedeutend und auf manchen gar nicht vorhanden. Die Wirkung des Windes von der Seite auf die Ladung ist hier übrigens wegen der Höhe des Schiffs*körpers* immer noch eine nicht unbedeutende Schwierigkeit. Äufserstenfalls aber wäre es nicht unmöglich sie abzuwenden, etwa durch hohe Wälle oder durch eingegrabene, durch Flechtwerk verbundene Stangen neben der Bahn, oder, wo es angeht, durch Anpflanzung von Bäumen.

Eine *sehr grofse* Schwierigkeit scheint es noch zu sein, das Schiff aus dem Wasser auf die Eisenbahn und von ihr wieder ins Wasser zu bringen: aber auch diese Schwierigkeit ist nichts weniger als unüberwindlich, und die Kosten würden nicht unverhältnifsmäfsig sein. Das nächste sich darbietende Mittel würde sein, die Eisenbahn mit einem Gefälle von etwa 1 auf 250 oder 1 auf 200 ins Wasser hinein zu bauen; aber dies kann häufig, wenn die Ufer etwas hoch sind, nicht ausführbar sein, schon wegen der nöthigen ansehnlichen *Länge* der Rampe *im Wasser:* denn da das Schiff nach der Voraussetzung 10 F. tief eintaucht und es auf der Eisenbahn wenigstens 5 F. hoch über den Schienen steht, so müfsten die Schienen bis zu 15 F. tief ins Wasser dringen, wozu eine Länge von 3000 bis 4000 F. und ein sonst schwieriger Bau *unter Wasser* nöthig sein würde. Aber hier kann das Mittel aushelfen, welches die gewöhnlichen *Schleusen* gewähren. Man fährt das Schiff auf eine kurze Strecke auf einem Canal ins Land hinein und hebt es dann durch so viele auf einander folgende Schleusenvorsätze als nöthig sind empor. Die oberste der Schleusenkammern mufs noch so viel Wasser *über* den Schienen der Eisenbahn enthalten, als nöthig ist, damit das Schiff flott bleibe. Durch allmäliges Hinauslassen des Wassers aus der obersten Kammer wird sich das Schiff auf die Eisenbahnfahrzeuge so sanft, als es nur zu wünschen sein mag, niedersenken lassen. Können zum Herbeischaffen des zum Spiel der Schleusen nöthigen Wassers nicht höher liegende Quellen benutzt werden, so mufs man das

Wasser durch Maschinen in die über dem Fahrwasserspiegel liegenden Schleusenkammern heben, und es ist nicht zu fürchten, dafs der Wasserbedarf hier unverhältnifsmäfsig grofs, etwa so grofs sein werde, als wie wenn nach der Scheitelstrecke eines Canals hin, der es an Wasser fehlt, dasselbe durch Maschinen geschafft werden sollte. Denn auf einem Canal mit Schleusen ist wenigstens das nöthige Wasser zum Spiel der Schleusen der geringste Theil des Bedarfes; der gröfsere Theil des Verlustes an Wasser ist der durch Verdunstung und Verseigerung, welcher Theil hier in dem vorliegenden Falle nur gering sein würde. Auf ganz ähnliche Weise wie das Schiff aus dem Wasser auf die Eisenbahn zu heben sein würde, nemlich durch *Schleusen*, würde es auch wieder von der Eisenbahn ins Wasser gebracht werden können. Also auch in diesem Punct finden sich noch keine unübersteigliche Schwierigkeiten.

Überhaupt also dürfte der Gedanke, beladene Schiffe auf Eisenbahnen zu transportiren, keinesweges unausführbar sein.

In Fällen, wie der bei Suez, bleibt allerdings noch die Frage, ob diese Art der Passage über die dortige Land-Enge die beste sein würde, denn es fragt sich, ob so nicht mehr Kosten und Aufenthalt entstehen würden, als durch das Umladen der Waaren vom Schiff auf die Eisenbahn und wieder von der Eisenbahn auf ein anderes Schiff. Aber es kann Fälle geben, wo es wirklich entschieden vortheilhaft ist, die Waare nicht umzuladen, sondern die Schiffe selbst mit fortzuschaffen, z. B. auf Canälen durch das Land, wo es öfters sehr grofse Schwierigkeiten macht, den Canal über eine Anhöhe, über eine Wasserscheide u. s. w. durch Schleusen hinwegzuführen, besonders weil es häufig für die Scheitelstrecken an Wasser fehlt. Hier kann es entschieden vortheilhaft sein, die Schiffe, beladen wie sie sind, auf einer Eisenbahn weiter zu schaffen, und es kann sehr wohl sein, dafs hier die Eisenbahn *bei weitem* weniger kostet als der Canal mit seinen vielen Schleusen. Das Mittel verdient daher jedenfalls alle fernere Berücksichtigung.

Berlin, im Juni 1845.

12.

Einige Nachrichten von den Entwürfen zu einem Schiffahrts-Canal durch die Land-Enge von Panama.

[Wir haben in dem vorigen Hefte einige Notizen, aus dem Englischen, über die Entwürfe einer Strafsenverbindung des Mittelländischen mit dem Rothen Meere über Suez mitgetheilt. Die Verbindung des Atlantischen mit dem Stillen Meere, durch die Land-Enge von Panama hindurch, ist ein Seitenstück dazu, und wir theilen hier den Auszug mit, welchen das Mai- und Juniheft 1845 der „Annales des ponts et chaussées" aus einer Schrift des Herrn *Michel Chevalier* über diesen zweiten Gegenstand giebt.

Beide Verbindungen zweier Meere möchten, gegen einander gehalten, so ziemlich gleich wichtig sein; auch ist der Haupttheil ihres Zwecks eigentlich derselbe; nemlich die Abkürzung und Erleichterung der Handelsverbindungen von Europa mit China und Ost-Indien. Beide sind von sehr grofser Wichtigkeit. Der Weg von der Westküste von Europa, etwa von Hamburg oder von Holland angerechnet, nach der Ostseeküste von China, etwa bis Canton, ist jetzt um Africa herum ungefähr 3400 Preufs. Meilen, durch das Mittelländische Meer über Suez 2400 Meilen, durch das Atlantische Meer, um Süd-America herum, 4500 Meilen, und über Panama 3400 Meilen lang. Ein Canal durch die *Land-Enge von Panama* würde also den Schiffahrtsweg von Europa nach China etwa um eben so viel abkürzen als eine Strafse über die *Land-Enge von Suez,* während der Weg über Panama durch das Stille Meer etwa in demselben Verhältnifs gegen den um das Cap Horn herum gefahrloser und leichter sein würde, als der Weg über Suez gegen den jetzigen Weg um Africa herum. Über Panama würde es nach China ungefähr so weit sein, als auf dem *jetzigen* Wege um das Vorgebirge der guten Hoffnung herum, aber die Fahrt wäre weniger gefährlich als die jetzige. Aufserdem hat dann aber der Canal durch die Land-Enge von Panama auch noch eine grofses Interesse für die Ost- und Westküsten der beiden Americas, die jetzt miteinander nur

entweder zu Lande, wo aber eigentliche Strafsen noch fehlen, oder auf dem ungeheuren Umwege um das Cap Horn herum mit einander Verkehr treiben können. Der Canal durch die Land-Enge von Panama ist daher ein fast *noch* wichtigeres und nützlicheres Werk als die Strafse über die Land-Enge von Suez.

Die Schwierigkeiten, welche die Natur hier entgegensetzt, scheinen, wie man aus dem hier folgenden Aufsatze sehen wird, bei Panama gröfser zu sein als bei Suez, aber die Schwierigkeiten, welche die Politik macht, sind hier vielleicht geringer. Beide Werke würden einen unabsehlichen Nutzen haben und sind des Jahrhunderts, welches sich das des Fortschrittes nennt, gewifs sehr würdig.

Die hier folgenden Nachrichten von dem Canal bei Panama sind etwas ausführlicher als die über die Strafse über Suez und mit gleicher technischer Sachkenntnifs geschrieben; aber allerdings noch bei weitem nicht hinreichend, weil es noch zu sehr an genauer Erforschung der Gegend überhaupt und an Messungen fehlt. Man mufs indessen einstweilen nehmen was vorhanden ist. D. H.]

Ein Aufsatz des Herrn *M. Chevalier* über diesen Gegenstand wurde zuerst in der „Revue des deux mondes" Anfangs 1844 gedruckt und ist seitdem auch besonders erschienen. Wir theilen daraus hier einen wörtlichen Auszug mit.

Gestalt der Land-Enge von Panama im Allgemeinen.

Die schmale Land-Enge von Panama übertrifft an Länge alle andern Land-Engen auf der Erde. Sie ist von Guasacoalco, wo sie an den Continent von Nord-America sich anschliefst, bis zu der Tiefe des Meerbusens von Darien, wo sie sich mit dem Continent von Süd-America vereinigt, 305 Meilen lang. [Maafs, Gewicht und Geld sind, wie immer in diesem Journal, *Preufsische.* D. H.] Das ist etwa die doppelte Entfernung zwischen Amsterdam und Lissabon. Andere Land-Engen haben nur den 50ten oder 100ten Theil dieser Länge. [Aber doch nur, wenn man unter Land-Enge (Isthme) eine Erdzunge versteht, die gröfsere Landflächen mit einander verbindet. Sonst würde es auch noch andere Erdzungen oder schmale Erdstriche von sehr beträchtlicher Länge geben, z. B. die von Kamtschatka, Malacca, Californien etc. D. H.] Andere Landzungen werden nur von zwei Meerbusen gebildet, welche tief in das Land

hineintreten, oder von einem Meer und einer Bai, während die Land-Enge von Panama zwei grofse Meere trennt.

Ihrer allgemeinen Gestalt nach ist die Landzunge von Panama ein sehr langer Streifen, der fast in gerader Linie von Westnordwest nach Ostsüdost läuft, mit zwei Vorsprüngen nach der Europäischen Seite hin. Der eine dieser Vorsprünge, der von Yucatan (Man sehe die Carte Taf. VIII.) würde einen grofsen Europäischen Staat fassen. Er begrenzt mit der Halb-Insel von Florida den Mexicanischen Meerbusen, der an Gröfse fast dem Mittelländischen Meere gleich ist; denn er ist von Osten nach Westen 220 Meilen lang und von Norden nach Süden 160 Meilen breit; was ungefähr die Maafse des Mittelmeers zwischen Spanien und Griechenland und Frankreich und Africa sind. Der andere, noch gröfsere Landvorsprung, welcher halbkreisförmig ist, enthält die fünf Staaten von Mittel-America. Im Allgemeinen nimmt die Land-Enge von Panama in dem Maafs an Breite ab, wenn sie sich Süd-America nähert. An diesen Continent schliefst sie sich in Hufeisenform an, und dort liegt die Stadt Panama, nach Westen von einer halbkreisförmigen Bai bespült, welche mit vielen Inseln und selbst kleinen Inselgruppen besetzt ist, die wegen der Perlen berühmt sind, welche die Spanier dort fanden.

Beim ersten Anblick scheint es, man müsse die ganze Länge der Landzunge von 300 Meilen lang durchforschen, um den Punct zu finden, wo sich die beiden Meere durch einen Canal verbinden lassen; aber auch schon nach einer sehr allgemeinen Bekanntschaft mit dem Lande überzeugt man sich bald, dafs der Stellen, wo ein Durchgang möglich sein dürfte, nicht viele sind. Nur da, wo die Landzunge schmal ist, darf man an einen Durchgang denken, und hier giebt es von Norden nach Süden gerechnet nur folgende fünf Stellen.

Erstlich die Stelle bei Tehuantepec (Taf. VIII.), wo zwei Flüsse, der Guasacoalco und der Chimalapa, gegen einander gekehrt, der eine in das Atlantische, der andere in das Stille Meer sich ergiefsen. Die beiden Meere sind hier etwa 30 Meilen von einander entfernt.

Zweitens. Auf der andern Seite der Halb-Insel Yucatan ist, wie es die Carte zeigt, die Land-Enge von dem Becken der Honduras-Bai bis an das Stille Meer etwa 26½ Meilen breit, und es befinden sich hier zwei Flüsse, die nicht fern von der Küste des Stillen Meeres entspringen und im Ganzen ziemlich gerade in den Atlantischen Ocean fliefsen. [Die *zwei* Flüsse zeigt die Carte nicht. D. H.]

Drittens. Weiter gegen Süden und auf der andern Seite der halbkreisförmigen Halb-Insel von Mittel-America findet sich der Nicaragua-See, welcher durch einen schönen Flufs, den San Juan de Nicaragua, mit dem Atlantischen Meer in Verbindung steht, so dafs dieses Meer bis mitten in das Land und bis auf 3 bis 4 Meilen von der Küste des Stillen Meeres gleichsam hineindringt.

Viertens. Hierauf folgt nun die eigentliche sogenannte Landzunge von Panama. Der Landstreifen, welcher die beiden Continente von America mit einander verbindet, ist hier am schmalsten. Von der Stadt Panama am Stillen Meere bis Porto belo an der Atlantischen Küste beträgt die Entfernung in gerader Linie nur etwa 8½ Meilen. Eben so viel ungefähr von Panama nach Chagres, und in dieser Richtung durchströmt einen Theil der Breite der sehr wasserreiche Flufs Chagres. Auch Chagres ist von der Bai von Correra, ein wenig westlich von Panama, nur ungefähr eben so weit entfernt. Aber auch hier, zwischen Panama oder der Bai von Correra, oder zwischen Porto belo und Chagres, ist die Landzunge von Panama noch nicht am schmalsten. Ein wenig weiter östlich, bei der Bai von Mandinga oder San Blas, dürfte sie nur etwa 6½ Meilen breit sein.

Auch noch ein anderer Punct der eigentlich sogenannten Landzunge von Panama verdient eine nähere Untersuchung. Es ist die Stelle am Hafen des Boca del Toro auf der Atlantischen Küste, westlich von Chagres. Diesem Hafen, der allgemein als vortrefflich gerühmt wird, gegenüber, findet sich am Stillen Meer ein Hafen, welcher ebenfalls sehr gut sein soll, an der Mündung des Flusses Chiriqui. Wegen dieser beiden vortrefflichen Häfen würde diese Stelle ganz besonders in Betracht kommen, wenn nicht das Land zwischen ihnen weniger als mittelmäfsig günstig wäre.

Fünftens. Endlich, ganz am Ende der Landzunge, da wo sie sich an das Festland von Süd-America anschliefst und wo dieses sich plötzlich sehr ausbreitet, giebt es noch auf dem Festlande selbst eine Stelle für den Durchgang von einem Meere zum andern, die sehr in Betracht kommt. Es ergiefst sich nemlich in den Meerbusen von Darien, bei welchem die Landzunge endigt, der schöne Flufs Atrato, von welchem einige linkseitige Neben-Arme, und besonders der Naïpipi, ihre Quellen sehr nahe am Stillen Meere haben und von welchen wieder ein Neben-Arm, nördlich von Novità, sich einem Flusse sehr nähert, welcher ins Stille Meer fliefst und welcher, gleich einem andern, den beliebten Namen San-Juan trägt. Ich kann die Länge nicht genau an-

geben, welche der Weg durch das Thal des Flusses Atrato von einem Meere zum andern haben würde; allein diese Länge würde ziemlich bedeutend sein. Nach der neusten Carte von *Arrowsmith* sind es von dem Ausflufs des Atrato in das Antillenmeer bis zum Ausflufs des San-Juan in das Stille Meer wenigstens 60 Meilen. Durch den Naïpipi würde der Weg fast bis auf die Hälfte abgekürzt werden.

Dieses sind die fünf Stellen, wo die Landzunge in Rücksicht ihrer *Breite* für den Durchgang eines Canals günstig zu sein scheint. Aber es kommt auch auf die *Höhe* an, welche zu übersteigen sein würde. Wäre diese Höhe vielleicht so grofs, dafs die Kunst des kühnsten Ingenieurs nichts dagegen vermöchte? Beim ersten Anblick mufs man dies beinahe fürchten. America trägt eine Bergkette von einer so grofsen Ausdehnung, wie kein anderer Theil der Erde. Die Kette der Anden erstreckt sich wie ein Rückgrat, vom Cap Horn an der Südspitze von Süd-America bis in die eisigen Gegenden von Nord-America, an 1850 Meilen lang, also auf 35mal die Länge der Pyrenäen. Überall an der Westküste von Süd-America, zu Guayaquil, Lima, Valparaiso, bis zu der Magellanischen Meer-Enge und dem Feuerlande, hat man dicht vor sich die ungeheuren Anden, mit ewigem Schnee bedeckt, die das Flufsgebiet des Amazonenstromes, welches zwölfmal so grofs ist als Frankreich, die Gebiete des Magdalena-, des Orinoco-, und des Laplataflusses, welche alle in das Atlantische Meer sich ergiefsen, von den Gebirgsströmen trennen, die sich in das Stille Meer stürzen. Hat man von der Meeresküste her die Hoch-Ebene von Bogota, oder die von Quito erstiegen, die schon die Höhe des Canigou und des Pic du Midi haben, und die doppelte Höhe des Elsasser Ballons, so erheben sich die Berge von hier weiter nur noch stolzer in die Lüfte. Man hat den Cotopaxi und den Chimborazo vor sich, in dessen Schluchten der Ossa und der Pelion Raum finden würden. In Nord-America ist es nicht anders. Von der Hoch-Ebene von Mexico, welche schon die Höhe unserer ansehnlichsten Berge hat, steigen noch höhere Berge auf: der Pic von Orizaba, die Schneeberge von Mexico etc. Die Felsenberge, weiter im Norden, sind selbst den unternehmenden Nord-Americanern, die Nichts sonst aufhalten konnte, zu hoch und zu steil gewesen. Ununterbrochen durch Californien, durch die Americanischen, Englischen und Russischen Besitzungen hindurch, erstreckt sich die *nemliche* Bergkette und hebt ihren Schneekamm empor, der hie und da mit conischen Spitzen besetzt ist, deren Haupt in die Wolken ragt, während sie ihren Fufs in Plutons feuriges Reich des Todes

setzen; denn von einem Ende bis zum andern sind die Anden mit Vulcanen besetzt. Abgesehen von diesen Spitzen ist der Bergkamm selten unter 6000 F. hoch. Dabei ist er breit und massiv; an einigen Stellen, z. B. in Mexico, Peru und Neu-Granada, dehnt er sich sogar zu ungeheuren Hoch-Ebenen aus. In Nord- wie in Süd-America mufs man diesen Bergkamm, wenigstens von der Seite des Stillen Meeres her, für jede andere Strafse als eine gewöhnliche Chaussée für unersteiglich halten.

Auch die Land-Enge, welche die beiden Americanischen Continente verbindet, ist gebirgig. Sie ist mit schroffen Gipfeln und unzähligen Vulcanen besetzt, welche nur zu oft den Boden erzittern machen und die Städte zerstören. Ihretwegen hat man von der Stadt Guatémala, welche in einem der reizendsten Thäler der Erde liegt, aber von furchtbaren Vulcanen von grausiger Höhe beherrscht wird, gesagt, sie habe an der einen Seite das Paradies, an der andern die Hölle. Gleichwohl findet der Beobachter, wenn er in dieses Labyrinth von Bergen dringt, dafs hier der Bergkamm wenigstens nicht völlig unterbrochen fortläuft. Durch einen glücklichen Zufall wurde hier die unterirdische Gewalt, welche nach der Bildung der Continente die lange Kette der Anden emportrieb, auf der Land-Enge in ihrer Wirkung geschwächt; sie war dort sehr ungleich und trieb nicht einen ganz ununterbrochenen Gebirgskamm, sondern nur mehr gesonderte Berggruppen empor. Vielleicht brach sich die Gewalt hier deshalb, um aus dem Meere herauf in einiger Entfernung die Inselgruppe der Antillen emporzuheben. Man findet zwar auf der Land-Enge noch Gipfel, die dem Montblanc, dem Könige der Alpen, nichts nachgeben; aber an mehreren Stellen, und gerade an den oben bezeichneten, wo die Land-Enge am schmalsten ist, steigt der Bergkamm nur noch zu einer Höhe auf, die sich mit einem Canal vermittels Schleusen übersteigen läfst. Hier öffnet sich die Bergkette, wie man weiter unten sehen wird, nicht allein in Schluchten, sondern in einigen breiten Thälern, in welchen ein Durchgang für einen Canal oder für eine Eisenbahn mit schwachem Gefälle zu finden sein würde.

Nachdem Herr *Chevalier* jetzt die verschiedenen Bemühungen durchgegangen ist, welche man seit der Entdeckung von America bis auf die jetzige Zeit angewendet hat, um einen Wasserweg durch die Land-Enge, so wie südlich und nördlich um America herum, zu finden, berichtet er von den verschiedenen Entwürfen zu einer Land- oder Wasserstrafse durch die Land-Enge. Er untersucht bei dieser Gelegenheit die Vortheile, welche eine solche

Straſse für den Handel der civilisirten Erdtheile haben würde, und kommt zu dem Schlusse, daſs nur eine Wasserstraſse für die gröſsten Dampfschiffe hier von Nutzen sein würde, nicht aber ein kleiner Canal, eine Eisenbahn, oder eine gewöhnliche Chaussée. [Die Gründe des Herrn *Chevalier* wird man in der Abhandlung selbst, von welcher die gegenwärtige Notiz ein Auszug ist, nachlesen müssen. Ohne besondere örtliche Umstände leuchtet die Behauptung nicht von selbst ein. D. H.]

An diese Bedingung, daſs die Verbindungsstraſse der beiden Meere für die gröſsten Handelsschiffe, die von einem Ocean in den andern und nach Lima, Acapulco oder Macao gehen, fahrbar sei, ohne daſs die Schiffe umladen dürfen, knüpft sich eine andere, welche nicht übersehen werden darf: nemlich die, daſs der Canal nothwendig an beiden Enden in *Häfen* ausmünden muſs, welche den Schiffen einen hinreichenden Ankerplatz darbieten; und zwar nicht entfernt vom Ufer, sondern dicht am Lande. In dem Hafen von Panama z. B. ist der Ankerplatz etwas vom Ufer entfernt; das Ein- und Ausladen der Schiffe geschieht durch Piroguen und andere Lichter. Dieses ist für einen Hafen am Ziel einer Fahrt kein groſser Übelstand; es entstehen daraus bloſs einige Kosten mehr. Für einen Durchgangscanal aber würde es eine Unterbrechung der Fahrt sein. Nicht schlimmer wäre eine 100 F. hohe Quermauer mitten im Canal. Diese zweite Bedingung wird nicht leicht zu erfüllen sein, und ein sehr einsichtiger Capitain von der Königlichen Flotte äuſserte mit groſsem Recht, daſs diese Bedingung zu erfüllen noch schwieriger sein dürfte, als das Ausgraben des Canals selbst auf 16 bis 19 F. tief von einem Meere zum andern. Sodann sind auch auf diesem Meercanal keine *Tunnels* gestattet; denn selbst, wenn man die Marsstangen niederlegte, würden die Tunnels höher als der Pausilipp sein müssen, insofern nicht etwa Mittel gefunden werden, die Masten niederzulegen. [Alles dieses ist ohne nähere Beweise nicht recht einzusehen. Der Herr Verfasser selbst sagt, das Aus- und Einladen am Ziel einer Reise sei kein groſses Übel: auch das zweimalige Aus- und Einladen an den beiden Enden des Canals, falls umgeladen werden müſste, würde also auch wohl noch kein allzugroſses Übel sein, wenigstens gewiſs nicht gegen das der Umschiffung des Cap Horn in Betracht kommen. Und was die Tunnels betrifft, so sagte oben der Herr Verfasser ebenfalls selbst, daſs der Canal mit *Dampfschiffen* befahren werden solle: für *diese* aber würden die Tunnels nicht eben übermäſsig hoch nöthig sein. D. H.]

Wir wollen nicht ausführlich von der Fürsorge reden, welche für die Salubrität des Landes würde angewendet werden müssen, welches der Canal zu durchziehen hat. So viel Zeit auch immer die Schiffe durch den Canal ersparen möchten: sie würden ihn dennoch fliehen, wenn die Gegend todtbringend wäre. Wie bekannt liegt die Haupt-Ursach der Ungesundheit einer Gegend in heifsen Himmelsstrichen in den Sümpfen und stehenden Gewässern. Wahrscheinlich würde es leicht sein, die Umgegend bei dem Bau des Canals zu entwässern und die Wasser durch den Canal selbst abzuleiten. Dieses würde eine mitverbundene Aufgabe sein. [Allerdings. Aber die Ungesundheit der Gegend selbst, wenn sie auch nicht ganz wegzuschaffen wäre, würde doch wohl nicht so ganz die Schiffe von der Benutzung des Canals abhalten, denn auch die Fahrt um das Cap Horn herum ist gefährlich. Und fliehen denn die Schiffe New-Orleans, oder Vera-Cruz, oder Jamaica, wo das gelbe Fieber, ebenfalls aus den Sümpfen stammend, so viele Gefahr bringt? Die Moräste in heifsen Gegenden sind nicht während des *ganzen Jahres* gefährlich. Die Schiffe dürften nur, um den Canal zu passiren, wie wenn sie nach New-Orleans etc. wollen, die Jahreszeit wählen, wo die Gefahr nicht vorhanden ist. D. H.]

Erste Durchgangsstelle von Tehuantepec nach Guasacoalco.

Die Mexicanische Hoch-Ebene senkt sich hier tief hinab. Von einer Höhe wie die der Piks der Pyrenäen steigt sie bis zu einer Erhebung hinab, gleich der von Beauce, und wird durch das Thal des breiten und tiefen Guasacoalco-Flusses durchschnitten, der anfangs etwa parallel mit den beiden Küsten von Osten nach Westen fliefst und dann sich von Süden nach Norden wendet, bis er sich in den Mexicanischen Meerbusen ergiefst (Man s. Taf. VIII.). Der Hafen, welcher die Mündung des Guasacoalco bildet, ist einer der besten der Flufsmündungen in dem Umfange des Mexicanischen Meerbusens und so gut als der Hafen in der Mündung des Mississippi. Seit Cortez war man auf die Land-Enge aufmerksam. Nach Cortez beschäftigte man sich viel mit dem Project eines Canals durch die Landzunge. Aber fast hatte man dasselbe aufgegeben, als im Jahr 1771 eine unerwartete Entdeckung gemacht wurde. Man fand nemlich zu Vera-Cruz unter den Geschützen der Festung San Juan d'Ulloa Canonen, die auf den Philippinen zu Manilla gegossen waren. Da nun vor 1767 die Spanier niemals weder Africa noch Süd-America umschifft hatten, um nach den Philippinen zu gelangen, sondern allen ihren Handelsverkehr mit

Asien durch Mexico vermittels der Silberschiffe von Acapulco getrieben hatten, so war nicht einzusehen, wie diese Canonen von Manilla nach Vera-Cruz gekommen sein möchten. Wie hatten sie das Festland von Mexico passirt? Es war unmöglich, solche Lasten von Acapulco nach Mexico und von da nach Vera-Cruz zu schaffen. Endlich zeigte sich aus einer Chronik von Tehuantepec, dafs die Canonen über die ***Land-Enge*** gebracht worden waren. Man hatte sie den Chimalapa so hoch als möglich hinaufgeschafft und dann zu Lande weiter, bis zu einer Stelle, wo der Guasacoalco anfängt schiffbar zu werden. Dieses überraschte die öffentliche Meinung. Dafs so schwere Massen über die Landzunge hatten geschafft werden können, schien ein Beweis, dafs eine vortheilhafte Wegeverbindung der beiden Meere von Tehuantepec nach Guasacoalco möglich sei, wenn man ein wenig der Natur zu Hülfe komme? Nun übertrieb man aber wieder, wie es häufig geschieht, die Meinung von der leichten Ausführbarkeit dieser Verbindung. Es hiefs, der Guasacoalco habe seine Quellen dicht am Stillen Meer; in der Gegend senkten sich die Cordilleren ganz hinab, und dieser oder jener Flufs, der Ostuta, oder der Chimalapa, ergiefse sich gleichmäfsig in beide Meere. Der Vice-König Antonio Bucareli beauftragte zwei Ingenieure, den ***Augustin Cramer*** und den ***Don Miguel del Corral,*** die Gegend genau zu untersuchen. Dieses geschah aber sehr unvollkommen. Man findet nicht, dafs die Ingenieure irgend ein Nivellement gemacht, oder eine Höhe gemessen hätten; ihr Bericht war nur voll von dem etwas voreiligen Enthusiasmus des Publicums für den Canal in dieser Richtung. Sie sagten indessen, dafs sich auf dem Guasacoalco kaum zwei Drittheile der Breite der Landzunge passiren lasse; dafs von dem Landeplatz zu Malpasso, oberhalb von La Cruz an der Einmündung des Saravia (m. s. die Carte), bis ans Südmeer noch etwa 18 Meilen wären und dafs kein Flufs in beide Meere zugleich fliefse. Sie berichteten auch, dafs es schwierig sein würde, für den Canal noch einen guten Anlandepunct am Stillen Meere zu finden. Bis dahin hatten sie Recht; aber nun gingen sie zu dem Irrthum über, zu sagen, dafs ein Canal zwischen den beiden Meeren mit Benutzung des Chimalapa und Guasacoalco ***ohne Schleusen und Rampen*** möglich sein werde. Zufolge der neusten Untersuchungen, am Ende des vorigen Jahrhunderts, unter dem Vicekönige Revillagigedo, einem aufgeklärten und für das öffentliche Wohl begeisterten Manne, würde der Canal von dem Chimalapa bis zu dem Rio-Malpasso, einem Seiten-Arm des Guasacoalco, etwa 6700 Ruthen lang sein müssen, und dies wäre noch nicht ein Canal für Seeschiffe, sondern nur für Barken und grofse Piroguen.

Nach den Untersuchungen der Herren ***Cramer*** und ***Corral***, so wie auch nach den weiter folgenden, blieb also die Land-Enge von Tehuantepec noch in bestem Ruf. Nach dem Französischen Revolutionskriege, im Jahr 1814 befahlen die Spanischen Cortes, auf den Vorschlag eines Mexicanischen Deputirten, des ***Don Lucas Alaman***, welchen man später als Minister der auswärtigen Angelegenheiten in Mexico gesehen hat, die Ausführung des Canals; aber der Kampf um die Unabhängigkeit von Mexico begann bald wieder, und der Befehl wegen des Canals hatte keine Folge.

Bald nachdem Mexico unabhängig geworden war, wurde von der Regierung dieses Landes der Ingenieur-General ***Don Juan Orbegoso*** abgesendet, um den Gegenstand zu untersuchen. Dieser geschickte Officier schritt zum Werke. Er stellte astronomische Beobachtungen an, um die Länge und Breite der Orte zu finden. Er maafs die Höhe des Bodens über dem Meer, aber nicht durch Nivelliren, sondern mit dem Barometer; welche Messung in den tropischen Gegenden in der That merkwürdig genaue Resultate giebt. Unglücklicherweise war sein Barometer nicht ganz richtig. In dem Bericht von seiner Reise sagt er, der einzige Barometer, welchen die Commission gehabt habe, sei von ihm selbst verfertigt gewesen, und das Instrument habe wahrscheinlich auf der Reise Luft bekommen, was auf die Genauigkeit der Messungen Einflufs gehabt haben könne. Die *relative* Höhe der gemessenen Puncte sei aber hinreichend genau gefunden worden. Die Berechnung derselben sei später nach Beobachtungen berichtigt worden, welche man zu Tehuantepec angestellt habe. Folgendes sind die Resultate der mühsamen Arbeiten der Commission.

Die Land-Enge vom Ufer des Meerbusens von Tehuantepec bis zu der Barre des Guasacoalco ist 29 Meilen breit. Die Lagunen, welche mit dem Meer zusammenhängen, eine hinter der andern, vermindern diese Breite bis auf 5575 Ruthen. Die Barre des Guasacoalco hat mindestens 12½ F. tiefes Wasser; andere Beobachter geben mehr an. Es hat selbst ein spanisches Linienschiff, die Asia, vom Sturm gejagt, vor nicht langer Zeit in den Flufs einzulaufen vermocht. Die Barre ist fest und nicht grofs. Über dieselbe hinaus ist die Tiefe des Flusses bis auf 5 Meilen für Seeschiffe hinreichend, und es würde leicht sein, den Flufs bis Saravia, also etwa bis zur Mitte der Land-Enge, schiffbar zu machen. Wahrscheinlich würde man von Piedra Blanca oder Peña Blanca bis Saravia, etwa 7⅓ Meilen lang, einen Seiten-Canal in gerader Linie graben müssen. Der Boden, aus mildem Lehm bestehend, ist

dazu günstig. Zwischen jenen beiden Puncten hat der Flufs ungemein viele Krümmen, und der Canal würde die Fahrt sehr verkürzen. Übrigens ist auch der Flufs selbst fast durchweg, nicht blofs bis Saravia, sondern sogar bis zum Malpassoflufs hinauf schiffbar. Weiter hinauf aber ist ein Canal unvermeidlich. Der Rücken der Wasserscheide, welcher dem Stillen Meere viel näher liegt, als dem Atlantischen, senkt sich hier sehr herab. Südlich von La Chivela findet sich ein Gebirgspafs, welcher nur 800 F. hoch über dem Meer liegt; der Pafs von St. Michel de Chimalapa ist 1252 F. hoch. Diese Höhe würde sich noch mit einem Canal übersteigen lassen. Die *Höhe* der Berge würde also kein unüberwindliches Hindernifs sein, wenn es anders nur möglich ist, in der Höhe hinreichendes Wasser für den Canal zu erlangen. Aber was eine regelmäfsige Flufsschiffahrt auf dem Chimalapa oder den andern in das Stille Meer sich ergiefsenden Wasserläufen betrifft, so zerstörte der Bericht des General Orbegoso alle Hoffnung auf die Ausführbarkeit dieser Wasserstrafse. Der Chimalapa ist nur für Piroguen fahrbar, und auch das nur in der Regenzeit. Zu St. Michel de Chimalapa, 5 bis 6 Meilen von den Lagunen entfernt, und selbst noch 1¾ Meilen weiter unterhalb, ist der Boden des Flusses 4 Monat im Jahre trocken. Und da der Boden nicht wasserhaltend ist und die Thäler sehr breit sind, so würden weite Behälter, um das Regenwasser aufzufangen, grofse Schwierigkeiten haben. Selbst nahe an der Wasserscheide würde der Canal aus dem Guasacoalco vermittels einer Leitung unter den Gipfel hindurch gespeiset werden müssen. Es ist nicht erwiesen, dafs diese Leitung unausführbar sei. An ihrem Ursprunge fliefsen der Guasacoalco und der Chimalapa, etwa 3¾ Meilen von einander entfernt, fast parallel, und dann biegt sich der Guasacoalco bei Santa Maria de Chimalapa nach Norden, der Chimalapa, 1¾ Meilen unterhalb San Miguel, nach Süden. Eine Leitung schräg von dem einen Flufs nach dem andern, von 4 bis 5 Meilen lang, welche nichts Ungewöhnliches ist, könnte die parallelen Theile der Flüsse verbinden. Zu Santa Maria ist der Wasserspiegel des Guasacoalco ungefähr eben so hoch als der des Chimalapa zu San Miguel. Die Leitung dürfte daher nur ein wenig oberhalb Santa Maria beginnen, so würde Wasser aus dem Guasacoalco und dem Chimalapa fliefsen; aber der Boden müfste nicht zu lange Tunnels nothwendig machen. In der Richtung, welche der General Orbegoso gesucht hat, würde das letztere anders sein; die Leitung müfste fast in ihrer ganzen Länge unter der Erde fortlaufen. Er hat eine fast ganz gerade Linie von Santa Maria nach San Miguel angenommen. Der General Orbegoso erklärt am Schlufs seines Berichts den Canal

durch die Land-Enge von Tehuantepec für ein riesenmäfsiges und mifsliches Unternehmen. Er räth zu einer guten Strafse über Land, von den Lagunen von Tehuantepec nach dem Guasacoalco, welche *leicht* sei.

Man würde hier ferner auch wo möglich noch dem Mangel eines einigermafsen guten Hafens am Stillen Meer abzuhelfen haben. Der Hafen von Tehuantepec verdient kaum den Namen einer Rhede. Man gelangt in denselben durch zwei Lagunen mit etwa 16 F. tiefem Wasser. Die eine ist sehr lang und erstreckt sich parallel mit der Küste; die andere Lagune, weiter ins Land und ebenfalls in dieser Richtung laufend, ist kürzer und nur 4½ Meilen lang. Seit dem 16ten Jahrhundert ist Tehuantepec immer nur wenig besucht worden. Das Meer zieht sich fortwährend weiter von der Küste zurück und der Ankerplatz wird dort immer schlechter. Der Sand, welchen der Chimalapa hinunterführt, erhöht und vergröfsert immerfort die Sandbänke an den Mündungen der obern Lagune in die untere und dieser in das Meer. Tehuantepec ist jetzt schon nur noch für Goëletten zugänglich.

Das Project einer Strafse über die Land-Enge von Tehuantepec ist indessen nicht aufgegeben worden. Vor zwei Jahren hat die Mexicanische Regierung die Ausführung dem *Don Jose Jaray* zugestanden. Es handelt sich aber nicht mehr um einen Canal für Seeschiffe; der Entwurf ist viel bescheidener. Man will die Schiffahrtsbahn auf dem Guasacoalco und dem Chimalapa verbessern, so dafs diese Flüsse für Dampfboote fahrbar werden, und dann von einem Flufs zum andern eine Eisenbahn bauen.

Zweiter Übergangspunct bei der Honduras-Bai.

Östlich von Tehuantepec stöfst der Bergrücken der Land-Enge zwischen den beiden Meeren an die Halb-Insel Yucatan (Taf. VIII.) und erhebt sich sehr. Die Berge sind hier hoch, liegen enge beisammen und bilden ein ununterbrochenes Hindernifs. An der Honduras-Bai steigt das Gebirge wie eine senkrechte Mauer aus dem Meere empor; nach dem Geschichtschreiber *Juarros* bekam die Bai ihren Namen davon, dafs das Senkblei keinen Grund fand und man nicht Anker werfen konnte. In dem ganzen Umfange der Bai, von dem Meridian der Insel Utilla bis zum Breitenkreise von Belize, steigen die Berge, in zwei Stufen über einander, etwa 6000 F. hoch hinauf. Der Belizeflufs, auf dessen Ufern die Engländer eine Niederlassung haben, welche nebst der benachbarten Insel Routan die Bai beherrscht, stürzt sich vom Gebirge herab, von Fall zu Fall, ins Meer. Je weiter vom Atlantischen Meere,

je mehr erhebt sich der Boden, welcher dann noch einzelne Piks trägt, bis fast zum Stillen Meere hin. Hinter den Piks, die um die Bai eine doppelte Reihe bilden, breitet sich eine Hoch-Ebene aus, welche in kleinerem Maafsstabe derjenigen von Anahuac (der aztekische Name von Mexico) gleicht, welche aber, unter einem noch schönern Himmel, eben so erhaben und prachtvoll ist. Diese Ebene trägt Vulcane, welche nach dem Capitain ***Basil Hall,*** einem sorgfältigen Beobachter, bis zu 12750 F. hoch aufsteigen. Beinahe gerade über der Mündung der Honduras-Bai liegt auf der bezaubernden Hoch-Ebene, die sich dort schon auf 1600 bis 1900 F. Höhe hinabgesenkt hat, die schöne Stadt Guatemala, unfern dem Stillen Meere und am Fufse zweier Vulcane, welche, ihrer sich emporschwingenden Gestalt nach, die schönsten auf der Erde sind, aber auch die furchtbarsten in ihrem Zorn.

Auf der südlichen Küste der Bai ist das Gebirge hin und wieder unterbrochen. Der Golf Dulce, oder der See Yzabal, eine geschlossene Bai, welche mit der offenen Honduras-Bai zusammenhängt, dringt an 11 Meilen tief ins Land, und von ihrer Spitze sind bis zum Stillen Meer nach den englischen Carten noch etwa 27 Meilen. Der Polochicfluſs, welcher sich in den Golf ergieſst und für Dampfschiffe fahrbar sein soll, könnte benutzt werden, um einen Theil dieses noch übrigen Weges zurückzulegen: aber zwischen den Quellen des Polochic und der andern in den Golf Dulce sich ergieſsenden Flüssen erhebt sich der Boden so hoch, daſs jeder Canal unmöglich ist. Etwas weiter südöstlich wird indessen der Gebirgsrücken quer von einem Thal durchbrochen, welches von der in ihm liegenden Hauptstadt des Honduras-Staates den Namen Llanura de Comayagua führt, von einem Meer bis zum andern sich erstreckt und am Stillen Meer in die Bai von Conchagua oder Fonseca ausmündet. Dieses Thal ist vor 7 oder 8 Jahren von ***Don Juan Galindo*** bemerkt worden. Es liegt gerade in dem Halbkreise von Mittel-America, und nach dem Atlantischen Meere hin flieſst in demselben der Jaguafluſs, nach dem Stillen Meere hin der Sirano- oder San Miguel-Fluſs; beide Flüsse sind schiffbar. Aber wie weit hinauf, wie lange im Jahre und wie sie sich durch einen Canal verbinden lassen würden, ist unbekannt. Nur so viel ist bis jetzt als gewiſs anzunehmen, daſs hier kein Schiffahrts-Canal möglich sein würde, wegen der zu groſsen Länge von etwa 40 Meilen, und weil die Kunst zu viel nachhelfen müſste.

Diese schönen Länder sind noch gar wenig bekannt. Es giebt nur zwei Carten davon, die einigermaſsen übereinstimmen. Alle Geographen sind indessen darin einverstanden, mehrere Flüsse anzugeben, welche nahe am

Stillen Meer ihre Quellen haben, während sie sich in das andere Meer ergiefsen. Der bemerkenswertheste dieser Flüsse ist der Motagua, der, aus einem kleinen See kommend, in das Atlantische Meer fliefst, nachdem er Fünfsechstheile der Breite des Landes durchlaufen hat. Wenige der Flüsse, welche sich ins Stille Meer ergiefsen, sind ihm ähnlich. Auch auf der ganzen Landzunge von Tehuantepec bis zur Bai von Darien findet sich dieselbe Regel, die man für die beiden Americas überhaupt bemerkt, nemlich, dafs alle die Flüsse, welche dem Atlantischen Meere zuströmen, gröfser und viel länger sind, als diejenigen, welche sich in das Stille Meer ergiefsen und deren Quellen sich mit den Quellen jener kreuzen. Nur der Sirano, dessen kurz vorher gedacht wurde, macht eine Ausnahme. Der Camaluzon, der Ulua und einige andere Flüsse scheinen weit ins Land hinein schiffbar zu sein. Aber ihre Quellen liegen immer so hoch, dafs ein Canal nach dem andern Meere mit ihrer Hülfe nicht ausführbar ist. Der Motagua z. B. entspringt auf einem ungemein hohen Boden. Die Provinz Quesattenango, welche dieser Flufs durchströmt, bringt alle Erzeugnisse des gemäfsigten Climas in Europa hervor; was unter 15 Grad Breite eine sehr grofse Erhebung des Bodens anzeigt. Die spanischen Schriftsteller, unter andern *Juarros,* nennen das dortige Clima *kalt;* bekanntlich nennt man auch das Clima von Mexico so, obgleich man dort niemals heizt. Das Wort *kalt* bezeichnet also hier freilich nicht das, was wir darunter zu verstehen pflegen, aber es zeigt doch immer eine Höhe von etwa 6000 F. über dem Meere an, ohne die Höhe, bis zu welcher die Berggipfel noch weiter aufsteigen. Zu Chimaltenengo, welches in jenem Thal liegt, trennen sich die Wasserläufe nach den beiden Meeren. Die Dachrinnen der einen Seite der Cathedralkirche senden das Wasser nach dem Atlantischen Meere, die der andern Seite ihr Wasser nach dem Stillen Meere. Daraus folgt aber nichts für die Möglichkeit eines Canals durch dieses Thal.

Wir halten es für ausgemacht, dafs hinter der Honduras-Bai und in der ganzen Gegend, bis zur Mitte von Mittel-America, höchstens für die kleine Schiffahrt ein Verbindungscanal der beiden Meere möglich sein würde. Gehen wir also weiter nach Osten, nach der andern Seite von Mittel-America, nach dem See von Nicaragua.

Dritte Übergangsstelle im Lande von Nicaragua (Taf. X.).

Von Ufer zu Ufer gemessen, sind querüber vom Hafen San Juan de Nicaragua bis zum Atlantischen Meere 20 Meilen, von demselben Hafen schräg

über bis San Juan du Sud 33 Meilen, und von San Juan du Sud nach Realejo über 53 Meilen. Aber ein tiefer Einrifs hat hier die Land-Enge durchbrochen. Der grofse Nicaragua-See, durch den breiten und tiefen San-Juan-Flufs mit dem Atlantischen Meere verbunden und einen unerschöpflichen Wasservorrath enthaltend, ist gleichsam eine Fortsetzung des Atlantischen Meeres, sehr tief ins Land hinein. Durch diese Fortsetzung des Meeres kommt dasselbe dem Stillen Meere *sehr nahe,* und auch dieses kommt ihm durch die beiden Baien von Papagayo und Nicoya gleichsam noch entgegen. Auf den See von Nicaragua folgt noch, wenn man vom Atlantischen Meere herkommt, ein zweiter, der von Leon oder Managua, welcher nördlich halbmondförmig ausläuft. Auf der äufsersten Spitze dieses Sees lag sonst die Stadt Leon, welche jetzt tiefer ins Land verlegt ist und wo sich der Hafen Moabita befindet. Diese äufserste Spitze ist dem Stillen Meere noch näher als irgend eine Stelle des Nicaragua-Sees: denn von da bis zum Hafen Tamarindo sind nur 1800 bis 2000 Ruthen; der Managua-See hängt mit dem Nicaragua-See durch den Flufs Tipitapa zusammen. Dann ist auch noch auf der Küste des Stillen Meeres, nahe dem Leon-See, der Réalejo-Hafen, von welchem man einst sagte, er sei der bewundernswertheste in der ganzen Spanischen Monarchie. Die beiden grofsen Seen, mit ihren Verbindungen unter einander und mit dem Meere, erinnern an die Seen in Schottland auf der Land-Enge zwischen den beiden Meeren an den Küsten von England, durch deren Hülfe der Caledonische Canal möglich geworden ist, welcher tief und breit genug ist, um Fregatten zu tragen. Die beiden Seen hier laden gleichsam ein, mittels eines Durchstichs zwischen den Meeren eine Verbindung herzustellen, deren Wichtigkeit für den allgemeinen Welthandel sich zu der des Caledonischen Canals ungefähr so verhalten würde, wie eine Meer-Enge zum Ocean, oder wie die Brittische Insel zu den beiden Americas.

Der Nicaragua-See ist 23⅓ Meilen lang, 7½ Meilen breit und meistens bis zu 80 Fufs tief. Der Flufs San Juan, welcher etwa die Richtung der Mittellinie des Sees hat, ist 19½ Meilen lang. Der See von Leon hat 8½ Meilen in seiner gröfsten Ausdehnung und etwa 19 Meilen im Umfange. Der Flufs Tipitapa, welcher die beiden Seen verbindet, ist 7½ Meilen lang. Also beträgt die Entfernung vom Atlantischen Meere bis zum Ende des Nicaragua-Sees 42⅔ Meilen, und bis zum Ende des Leoner Sees 58⅓ Meilen. Wir nehmen hier für den See von Nicaragua und für die Flüsse San Juan und Tipitapa die Schätzungen des Herrn *Bailey* an, welche Herr *Stephens* mittheilt; desgleichen, dafs,

wie wir es haben bewähren können, die Meilen, deren er sich bedient, ***geographische (englische) Meilen*** von 491,4 Ruthen sind, obgleich sonst Herr ***Stephens*** nach Meilen von 427,3 Ruthen rechnet. Andere Beobachter und Geographen geben den Nicaragua-See gröfser an, dagegen weniger tief, obgleich immer noch tief genug für die gröfsten Schiffe. Die Herren ***Rouhaud*** und ***Dumartray*** geben dem See 45 Lieues Länge, 25 Lieues Breite und 78 F. Tiefe. Nimmt man an, dafs ***See-Lieues*** von 1460 Ruthen lang gemeint sind, so würde der See 33 Meilen lang und 18 Meilen breit sein. Die neue Carte der Englischen Admiralität und des Französischen Marine-Depots, die nach den Ergebnissen der Reise des Commodore ***Owen*** gezeichnet sind, geben ungefähr die Maafse an, welche wir weiter oben angenommen haben. [Die Unterschiede der Angaben der Länge und Breite des Sees von 23½ und 33 und von 7½ und 18 Meilen sind doch in der That gar zu grofs, wenn gleich Länge und Breite eines Sees etwas sehr Unbestimmtes ist. Die ältern Carten sind wahrscheinlich blofs nach dem Augenmaafs gezeichnet und die Reisenden haben die Entfernungen nicht ***gemessen,*** sondern blofs ***geschätzt.*** Vieles kommt bei so grofsen Abweichungen auch öfters auf die leidige, nur allzu allgemeine Gewohnheit, nicht bestimmt anzugeben, von welcher Art von Meilen oder auch wohl von welchem Maafs, Gewicht und Geld der Bericht-Erstatter spreche, gleich als ***müsse*** Jeder wissen, was er in Gedanken oder in seiner Gewohnheit habe Eine Zahl ohne bestimmte Einheit ist aber öfters so viel als gar keine Angabe. Auch die diesem Aufsatze beigefügte Carte kann wohl nicht sehr richtig sein. Denn z. B. der Flufs Tipitapa, welcher die beiden Seen verbindet, soll 7½ Meilen, also beinahe eben so lang sein als der See Leon von 8½ Meilen lang: auf der Carte aber hat der Flufs kaum den ***vierten Theil*** der Länge des Sees. D. H.] Die Stadt Leon, 3½ Meilen von dem See Leon entfernt, ist die bevölkertste in der ganzen Gegend des Sees und, nach Guatemala, im ganzen Mittel-America.

Hier wäre nun die Verbindung der beiden Meere in verschiedenen Richtungen möglich. ***Erstlich*** von der Stadt Nicaragua, am See gleiches Namens, nach dem Hafen San Juan du Sud im Golf Papagayo. ***Zweitens*** vom Nicaragua-See würde wahrscheinlich eine Wasserstrafse nach der Bai Nicoya mit Hülfe des Tampisque-Flusses, der sich in diese Bai, und des Sapua-Flusses, der sich in den See ergiefst, ausführbar sein. Diese beiden sehr wasserreichen Flüsse stofsen in der Nähe der zur Papagayo-Bai gehörige Salinas-Bai ganz nahe zusammen. ***Drittens*** und ***Viertens*** könnte man von der nordwestlichen

Spitze des Leon-Sees nach dem Hafen Tamarindo, oder auch nach dem Hafen Réalejo zu gelangen suchen. *Fünftens* ist ein Weg von der obern Spitze des Sees nach dem Tostaflusse vorgeschlagen worden, welchen Flufs man auf der Strafse nach Réalejo antrifft und der von dem Vulcan von Telico herkommt. Endlich würde *Sechstens* vielleicht ein Canal von dem nordwestlichen Ende des Sees Leon nach der Bai von Conchagua, von welcher wir weiter oben gesprochen haben, möglich sein. In den verschiedenen Fällen würde noch der Flufs San Juan und, wenn man bis in den See Leon gehen will, der Flufs Tipitapa zu reguliren sein, um ihn für grofse Schiffe fahrbar zu machen.

Der Flufs San Juan de Nicaragua wird das ganze Jahr hindurch von einem Ende bis zum andern von Piroguen befahren, welche 3 bis 4 F. tief gehen; aber er ist fast durchweg viel tiefer. Durch einige Verbesserung an 4 bis 5 Stellen mit Stromschnellen und mit Untiefen würde sich der Flufs für Schiffe, welche 11 bis 13 F. tief gehen, fahrbar machen lassen; und zwar für das ganze Jahr, und vom offenen Meere bis zum See. Da der Flufs im allgemeinen nur niedrige Ufer hat, so würden nur einige Wehre, jedes mit einer Schleuse daneben, nöthig sein. Die Barre des Flusses hat 11 F. Wasser, und an einer Stelle findet sich darin nach Herrn *Robinson* ein schmaler Durchgang mit 24 F. Wasser. Der Hafen *San Juan* an der Mündung des Flusses ist sicher und geräumig; die Berichte mehrerer Flotten-Officiere, welche ihn in neuster Zeit besucht haben, schildern ihn als vortrefflich.

Wir nehmen also an, dafs der Flufs San Juan in einen guten Hafen ausmünde und dafs er sich leicht für Seeschiffe, welche 11 bis 13 F. Wasser nöthig haben, fahrbar machen lasse. Diese Annahme wird durch die Vergangenheit gerechtfertigt. Die Überlieferung sagt, dafs früher Seeschiffe den Flufs San Juan hinaufgefahren sind und dafs man auf den grofsen Messen von Grenada am Ende des Sees regelmäfsig mehrere Briggs und Dreimaster gesehen habe, die von Cadix oder aus andern spanischen Häfen kamen und in Carthagena und Porto Belo angelegt hatten. Diese Nachricht beruht nicht blofs auf trüglichen Überlieferungen, welche sich öfters darin gefallen, die ältere Zeit auf Kosten der neuern zu rühmen, sondern Herr *Roukaud* hat die Bestätigung der Erzählungen in den Archiven von Grenada bestätigt gefunden. Er hat die Beweise gefunden, dafs in der Mitte des 17ten Jahrhunderts die Dreimaster (Fragatas) der spanischen Kauffahrteiflotten nach dem Ankerplatz von Las Isletas kamen, welcher in dem See der Hafen von Grenada ist; ich habe in seinen

Händen die Originalpapiere gesehen, welche, bis 1647 und 1648 zurückgehend, dies bestätigen. Im Jahr 1685 erlitt der Flufs eine grofse Veränderung, welche aber das Werk von Menschenhänden gewesen zu sein scheint. Die Colonisten, um die Seeräuber, welche damals das Meer der Antillen bedeckten, zu verhindern, bis in den See Nicaragua zu dringen, versenkten, etwa 2½ Meilen von der Mündung des Flusses, Schiffsgerippe und Steine in denselben. In Folge dessen brach sich der Flufs eine neue Bahn, welche jetzt Rio colorado heifst und einen grofsen Theil des Wassers abführt. Nach einer Messung des Herrn *Bailey*, von welcher Herr *Stephens* berichtet, fliefsen durch den Colorado bei niedrigem Wasser 11 645 C. F. Wasser in der Secunde, also dreimal so viel als beim niedrigsten Wasser durch die Seine in Paris. Beim hohen Wasser beträgt der Ergufs des Colorado 35 420 C. F. in der Secunde. Seit 1685 kann das alte Flufsbett, von dem Puncte ab, wo sich der Colorado davon trennt, keine Fahrzeuge mehr tragen, die 3 bis 4 F. tief gehen, und der Colorado seinerseits ist den Seeschiffen unzugänglich, weil vor seiner Mündung eine Sandbank liegt, welche sie nicht passiren können. Der San Juan würde ohne Zweifel wieder in seinen vorigen Zustand gebracht werden können, wenn man den im Jahr 1685 hineingeworfenen Wehrdamm aushöbe und den Colorado oberhalb abschnitte. [Besser wohl unterhalb, damit er allmälig im stillen Wasser verlande. D. H.]

Durch die hier angegebenen, wenig bedeutenden Arbeiten zur Wegschaffung der Wasserstürze und Klippen oberhalb des Colorado würde sich der Flufs San-Juan de Nicaragua für Schiffe, die 11 bis 13 F. tief gehen, gut schiffbar machen lassen. Aber das reicht für eine Verbindung der beiden Meere, wie sie heutiges Tages zu wünschen ist, noch nicht hin. Es würden noch viel bedeutendere Arbeiten ausgeführt werden müssen, um den Flufs für Schiffe, von der Gröfse, wie sie den Holländischen Nord-Canal und den Caledonischen Canal passiren, so wie für die Paketboote im Alantischen Meer fahrbar zu machen. Zu diesem Zweck könnte es leicht nothwendig sein, den Flufs auf einen grofsen Theil seiner Länge aufzugeben und neben ihn entlang einen Canal zu graben, wozu auch die Ufer günstig sein würden, was aber die Kosten sehr erhöhen würde. Herr *Stephens* schätzt diese Kosten nach Herrn *Bailey* und nach den mittleren Preisen in den vereinigten Staaten auf 14 bis 17 Millionen Thaler. Das ist ungefähr die Hälfte der Summe, welche nach seiner Rechnung ein Canal von dem Hafen von San Juan de Nicaragua bis zum Hafen San Juan du Sud kosten würde.

Der Tipitapa-Flufs hat noch weniger Schwierigkeiten, als der San Juan de Nicaragua. Er ist schon wie ein Canal begrenzt, und es wäre nur ein etwa 160 F. langer Wehrdamm nöthig. Der Flufs hat auf 14600 Ruthen Länge 27¼ F. Gefälle, und fast die Hälfte davon befindet sich an einem und demselben Punct, bei der Stadt Tipitapa nahe am Leon-See, wo ein 12¼ F. hoher Wasserfall ist. Nach Herrn *Stephens* befindet sich das ganze Gefälle des Flusses in den ersten 2650 Ruthen Länge vom Leon-See ab. Herr *Rouhaud* aber, welcher an den dortigen Messungen Theil genommen hat, hat mir gesagt, dafs der Wasserfall bei Tipitapa 18½ F. von dem Gefälle wegnehme und dafs dann der Rest von 9¼ F. auf die Länge von Tipitapa bis zum Nicaragua-See vertheilt sei.

Die Schiffahrt über den Nicaragua-See würde keine Schwierigkeit haben, obgleich auf demselben zuweilen aufserordentlich heftige Windstöfse vorkommen sollen. Schiffe mit Verdecken würden keine Gefahr laufen; und noch um so weniger, wenn sie von Dampfschiffen sich ziehen lassen, nemlich von denselben Dampfschiffen, welche sie den San-Juan-Flufs hinaufschaffen; und durch dieses Ziehen, wenn es auch die Kosten um etwas erhöht, würden die Schiffe an Zeit gewinnen.

Es würde nur noch darauf ankommen, welche Schwierigkeiten sich zwischen dem Nicaragua- oder dem Leon-See und dem Stillen Meere finden.

Nirgends giebt es mehr Vulcane als in diesem Theile von America, vom 11ten bis zum 13ten Breitengrade. Auf dem rechten Ufer des Nicaragua Sees finden sich indessen die Bergspitzen, welche Feuer auswerfen, nur in kleinen vereinzelten Gruppen, oder ganz einzeln. Sie erstrecken sich in die Ebene hinab und lassen zwischen sich Thäler, oder doch Durchgänge. Die lange Erdzunge zwischen dem See Nicaragua und dem Stillen Meere, so viele riesenmäfsige Berge sich auf derselben auch befinden, ist doch an dem Fufse derselben nur wenig hoch über dem Meere. Nach den Erzählungen des berühmten Seefahrers *Dampierre* zu urtheilen, der in jenen Gegenden Krieg geführt hat, wäre längs dem Leon-See, von Realejo an, und längs dem Nicaragua-See am Golf von Papagayo, oder an demjenigen von Nicoya, der Boden meistens flach und bestände aus Savannen, und zwischen dem Leon-See und Realejo wäre der Boden ganz niedrig. Herr *Stephens*, indem er von dem Eindrucke berichtet, welchen auf ihn der Anblick der Gegend gemacht habe, sagt ausdrücklich, der Boden sei ganz wagerecht. Herr *Rouhaud* hat mir das Nemliche gesagt, von der Strecke zwischen der nordwestlichen Spitze des

Leon-Sees und dem Hafen von Realejo, so wie von derjenigen von der nemlichen Seespitze bis zur Bai Tamarindo. Er schätzt das Ufer 19 bis 22 F. hoch über dem Wasser. Darauf kommt, sagt er, ein schmaler, wagerechter Streifen, und von diesem fällt der Boden allmälig nach dem Stillen Meere hinab. Diese übereinstimmenden Aussagen sind zwar beruhigend genug, indessen erfordert die volle Sicherheit ein Nivellement. Die bloſse Schätzung, auch geübter Beobachter, verfehlt leicht die Wahrheit, wenn ein Boden einen *flachen* Abhang hat. Die Mangobäume, welche *Dampierre* auf der Straſse von Realejo nach Leon gesehen hat, sind zwar sichere Anzeigen eines niedrigen und feuchten Bodens; aber er sagt nicht, daſs er sie auf der ganzen Straſse gefunden habe.

Nur einer der oben beschriebenen verschiedenen Durchgänge ist wirklich gemessen worden, nemlich derjenige von dem Nicaragua-See nach der Bai Papagayo.

Gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts, einige Jahre vor der Französischen Revolution, wurde der Trieb zum Fortschritt überall wach. Die spanische Regierung lieſs den Durchgang von der Papagayo-Bai nach dem Nicaragua-See in der Richtung auf die Stadt Nicaragua, welche jetzt wenigstens 20 Tausend Einwohner hat, nivelliren. Dadurch erfuhr man zuerst die Höhe des Sees über dem Meere. Der Ingenieur *Don Manuel Galisteo* fand, daſs die Entfernung zwischen dem Meere und dem See 7325 Ruthen betrage und daſs der Scheitelpunct des Bodens 266⅔ F. hoch über dem Meer und 139¼ F. hoch über dem See liege, so daſs also der See 127¼ F. hoch über dem Meere liegt. Ein Canal vom See nach dem Meere, der sein Wasser aus dem See erhält, würde nur auf 2550 R. lang, 796 R. vom See entfernt, schwierig sein. Auf diese 2550 R. ist der Boden wenigstens 64 F. hoch über dem See. In der Entfernung von 1327 R. vom See senkt er sich bis auf 48 F. hoch hinab und bis dahin steigt die stärkste Erhebung nicht über 96 F. Weiter von der Senkung hin erhebt sich der Boden allmälig, bis zu 139¼ F. hoch über den See, und zwar 2469 R. von demselben entfernt. Nur auf 756 R. lang liegt der Boden 96 F. und mehr über dem See hoch, und auf ein Viertel dieser Länge nicht unter 127¼ F. hoch. Gewöhnlich nimmt man in solchen Fällen seine Zuflucht zu einem Tunnel; denn man macht in der Regel nicht bis zu 140 F., das heiſst, mit Rücksicht auf die Aushöhlung des Canals selbst, nicht bis zu 160 F. tiefe Einschnitte; meistens hört man mit den Einschnitten schon bei 64 F. Tiefe auf. Es gehörten in der That die Schätze dazu, über welche die Vicekönige von Mexico verfügten, und die Erinnerung an die alte Castilianische Gröſse,

auch vielleicht die Unerfahrenheit der spanischen Ingenieure in Tunnel-Arbeiten, um (mit sehr unvollkommnen Mitteln der Ausführung) zu dem Zwecke, den Abfluſs der Seen um die Stadt Mexico zu sichern, den Einschnitt von Huehuetoca zu unternehmen und auszuführen, welcher auf 212 R. lang 143 bis 191 F. und auf 929 R. lang 96 bis 160 F. tief ist. Dieser Einschnitt hat ungeheure Summen gekostet. Die ganze Länge desselben ist 5464 R. Er kostete, mit den übrigen für den Abfluſs-Canal nöthigen Arbeiten, über 8 Millionen Thaler; worunter aber freilich die Kosten mancher verunglückter Versuche, falscher Maafsregeln und anderes Lehrgeld mitbegriffen sind.

Heutzutage lassen sich indessen tiefe Einschnitte durch die verbesserten Verfahren ohne unverhältniſsmäſsige Kosten ausführen, insofern man nicht etwa auf feste Felsen oder Triebsand stöſst. So z. B. ist zu dem Canal von Arles nach Bouc durch die Ebene von Léque auf 558 R. lang ein am Scheitel der Höhe 127 bis 160 F. tiefer Einschnitt gemacht worden. Derselbe hat etwas über Eine Million Thaler gekostet und ist noch nach der alten Verfahrungs-Art ausgeführt. In neuerer Zeit bedient man sich kräftigerer Mittel: man nimmt Eisenbahnen und Dampfwagen zu Hülfe, so daſs Menschen-Arme die Erde nur auszugraben und in die Erdwagen einzuladen haben. Ganz neuerdings hat man sich sogar, bei der Eisenbahn nach Belgien, mit Erfolg und Kosten-Ersparniſs, zum Einladen der Erde einer Maschine bedient. Europäische oder Nord-Americanische Ingenieurs würden keinen Anstand nehmen, einen 160 F. tiefen Einschnitt auszuführen, insofern sich nicht etwa auf eine längere Strecke sehr feste Felsen finden sollten. [In diesem letztern Falle können aber auch die Böschungen steiler sein und es ist bei weitem weniger Masse wegzuschaffen. Über die Ausführung von Einschnitten durch Höhen ist noch Vieles zu sagen und noch Vieles dabei zu vervollkommnen, so einfach auch der Gegenstand zu sein scheint. Wir kommen darauf gelegentlich ausführlicher. D. H.] Wo es gilt, zwei Oceane zu verbinden, schreckt man nur erst vor dem *Unmöglichen* zurück.

Die Ergebnisse des Nivellements des *Don Manuel Galisteo* wurden erst nach der Unabhängigkeits-Erklärung des Staates Guatemala öffentlich bekannt. Ein Englischer Flotten-Officier, welchen der so unglückliche General *Morazan*, der damals an der Spitze der Regierung von Mittel-America stand, mit der Untersuchung der Ausführbarkeit des Verbindungs-Canals zwischen den beiden Meeren beauftragt hatte, fand diese Ergebnisse in irgend einem Archiv und theilte sie dem Englischen Gesandten *Thompson* mit, welcher sie

bekannt machte. Aber Herr *Bailey*, welcher dieser Messung, die nicht mit den sichersten Mitteln ausgeführt zu sein schien, nicht traute, wiederholte sie in einer andern Richtung, und Herr *Stephens* hat in seinem interessanten Bericht über Mittel-America die Arbeiten des Herrn *Bailey* bekannt gemacht.

Die Linie des Herrn *Bailey* mündet in den See ebenfalls bei der Stadt Nicaragua aus. Sie beginnt von dem Flusse San Juan du Sud an einem 531 R. vom Stillen Meer entfernten Punct. Bis dahin gelangen auf dem Flufs grofse Schiffe. Herr *Bailey* hat nur 6886 R. Entfernung des Meeres von dem See gefunden. Den Scheitelpunct des Bodens, 1650 R. vom Ausgangspunct entfernt, fand er 598 F. und den See 124½ F. über dem Meere, also den Scheitelpunct 473½ F. über dem See hoch. Nach dem Scheitelpunct gelangt man auf einem flachen Abhange. Zufolge eines Profils, welches Herr *Stephens* nach den *Bailey*schen Messungen entworfen hat, würde der Canal von dem See ab hinaufsteigen und sich dann wieder nach dem Meere hinabsenken. Auf 3451 R. vom See würde nur eine Schleuse mit 9½ F. Gefälle nöthig sein; dann auf die folgenden 425 R. 7 Schleusen mit zusammen 62 F. Gefälle. Hier würde man sich auf der höchsten Stelle des Canals befinden und die Scheitelstrecke des Canals würde 1275 R. lang werden, wovon zwei Drittheile unterirdisch sein müfsten, wenn man nicht einen 80 bis 96 F. tiefen Einschnitt machen wollte. Die Wasserscheide ist so hoch, dafs ein *Einschnitt* durch die ganze Scheitelstrecke völlig unmöglich ist. Von dort bis zum Meere sind noch 1275 R. und es ist ein Gefälle von 194½ F. zu ersteigen.

So also müfste denn nach dem Entwurf des Herrn *Stephens* der Canal mittels Schleusen 71½ F. hoch hinaufsteigen, um bis zu einer Stelle zu gelangen, wo der Durchgang durch die Wasserscheide nicht mehr allzu lang ist. Aber es ist auch nöthig, dafs man auf dieser Höhe *hinreichendes Wasser* für die Scheitelstrecke finde. Sollte der Canal sein Wasser aus dem See selbst ziehen (und dies würde wahrscheinlich wirklich nöthig sein, da Herr *Stephens* durchaus keine andern Wasserzuflüsse angiebt), so würde der Tunnel in der Höhe des See's viel länger, nemlich nicht 796, sondern 1460 R. lang werden. Die Europäische Baukunst schreckt vor solchen Schwierigkeiten noch nicht zurück. In dem Canal von der Marne nach dem Rhein befindet sich zu Mauvage ein Tunnel von 1327 R. lang; der Tunnel des Canals von St. Quentin, bei Riqueval, ist 1506 R. lang; der Tunnel in der Scheitelstrecke des Canals am Ohio in Nord-America ist 1728 R. lang; derjenige bei Pouilly im Canal von Burgund 885 R.; in England haben mehrere Canäle Tunnels von

500 bis 1000 R. lang. Auf den Englischen Eisenbahnen findet man z. B. zwischen Sheffield und Manchester einen Tunnel von 1275 R. lang, zwischen London und Birmingham einen Tunnel von 743 R. lang; auch zwischen Lion und Marseille wird ein langer Tunnel nöthig sein. Für einen Canal zwischen zwei Meeren würde die unterirdische Strecke, wenn sie überhaupt zuläfslich ist, was sehr zweifelhaft sein dürfte, viel breiter und höher, etwa *doppelt* so breit und hoch ausgehöhlt werden müssen, als für sonstige Schiffahrtscanäle, selbst von der gröfsten Art; und das selbst noch in der Voraussetzung, dafs die Schiffe die Masten niederlegen. Es würde also das Vierfache des gewöhnlichen Querschnitts nöthig sein, mithin im günstigsten Falle das Vierfache der Kosten. Dieselben würden also, nach Europäischen Preisen gerechnet, bis auf 4000 bis 8000 Thlr. für die laufende Ruthe steigen. Daraus folgt denn, dafs die Linie des Herrn *Bailey* der des Herrn *Galisteo* bei weitem nachsteht und selbst verworfen werden mufs, sobald es sich um einen Canal für Seeschiffe handelt. [Wenn denn nur Herr *Galisteo* richtig gemessen hat. D. H.]

Von den andern Durchgangslinien fehlen technische Nachrichten. Man weifs blofs, dafs die Entfernung von dem Hafen Moabito, an der nordwestlichen Spitze des Leon-Sees, bis nach Realejo 7½ Meile beträgt, dafs vom See bis nach Tamarindo am Meer etwa 2 Meilen sind, und dafs der Boden dort günstig ist. Diese ganze Gegend ist noch zu untersuchen.

In einer zu Boston 1833 gedruckten Beschreibung von Mittel-America und Mexico lese ich indessen, dafs sich die Wasserscheide zwischen dem See von Leon und dem Stillen Meere bis auf 49½ F. hoch über den See hinabsenke. Der Verfasser fügt hinzu, dafs der See von dem Flusse Tosta nur 2½ Meilen entfernt sei und dafs dieser Flufs, da wo man ihn erreichen könne, 290 F. hoch über dem See liege. Alles dieses, wenn es sich bestätigt, würde sehr günstig sein. Man brauchte dann keine übermäfsig tiefen Einschnitte mehr, und noch weniger einen Tunnel; ein 70 F. tiefer Einschnitt aber wäre etwas durchaus nicht Ungewöhnliches. Der Verfasser des Buchs sagt aber nicht, woher er die Angaben habe, welche er dem Publicum mittheilt, und ich habe sonst von Quellen derselben nirgend anderswo eine Spur gefunden. Indessen, verglichen mit den einstimmigen Berichten von *Dampierre, Rouhaud, Dumartray* und *Stephens*, sind die Angaben nicht unglaubwürdig.

Der See von Leon liegt 152 F. hoch über dem Stillen Meer. [Es soll wohl heifsen *Atlantischen* Meer. D. H.] Dieses würde 15 Schleusen erfordern, wenn man etwa in den beiden Flüssen Tipitapa und San-Juan Wehr-

dämme bauen oder einen Canal neben den Flüssen graben wollte. Ich abstrahire hier von dem Unterschiede der Höhe des Wasserspiegels der beiden Meere. [Derselbe kann indessen möglicherweise wegen der Strömungen im Meere und wegen der Passatwinde bedeutend sein. D. H.] Stiege man also bis zum See von Leon hinauf, so würden zusammen 30 Schleusen nöthig sein; vorausgesetzt, dafs sich von dem See nach Realejo, oder nach irgend einem andern Hafen an der Küste des Stillen Meeres, ein Canal ziehen läfst, welcher sein Wasser aus dem See zieht und also nicht über den See emporsteigt.

Aber der Canal allein reicht nicht hin. Es ist auch noch ein guter Hafen am Stillen Meere nöthig. Es fragt sich, ob San-Juan du Sud, von wo Herr *Bailey* nach der Stadt Nicaragua den Canal ziehen wollte, ein solcher Hafen sei. Einige erklären ihn blofs für eine äufsere Rhede, Andere für einen vortrefflichen Ankerplatz. Indessen stimmen die Herren *Stephens* und *Bailey*, welche zuletzt diese Gegend untersucht haben, in dem Lobe des Hafens überein. Ersterer hat ihn sehr wohl geschützt, Letzterer durch Peilung sehr tief gefunden. Der Hafen ist von senkrechten Felsen umgeben, gegen welche die Schiffe sich sicher anlegen können; aber er ist nicht sehr *geräumig* und würde, wie man versichert, nur etwa 20 Schiffe aufnehmen können. Als Herr *Stephens* im Jahr 1840 den Hafen sah, war er ganz leer. Es hatte Jahre gegeben, wo kein Schiff in denselben gekommen war. Der dem See von Leon so besonders nahe liegende Hafen von Tamarindo wird von Denen, welche den Hafen San-Juan du Sud loben, als diesem ähnlich geschildert. Aber der Hafen Realejo verdient eine ganz besondere Aufmerksamkeit. *Juarros*, welchem Niemand hier widersprochen hat, sagt von diesem Hafen Folgendes. „Es giebt in der ganzen Spanischen Monarchie vielleicht keinen bessern Hafen, und auf der ganzen Erde nur wenige Häfen, welche vorzüglicher wären. Sein Becken könnte an 1000 Schiffe fassen, die darin sehr sicher sein würden; der Ankergrund ist durchweg gut und die gröfsten Schiffe können ohne alle Gefahr bis an den Quai herankommen. Der Aus- und Eingang ist ohne alle Schwierigkeit, und nirgends findet man wohl einen gröfsern Überflufs an Bau-Material."

Wir haben weiter oben gesehen, was von dem Hafen San-Juan, an der Mündung des Flusses gleiches Namens, zu halten sei. Also würde die Herstellung einer Wasserstrafse zwischen den beiden Meeren in der Richtung durch den See von Nicaragua in dem Bau eines Canals von einem der beiden Seen nach dem Stillen Meer und in der Schiffbarmachung der beiden Flüsse Tipitapa und San-Juan, oder auch blofs in einem Canal bestehen. Alles Übrige

hat die Natur gethan. Eine der Hauptbedingungen der Verbindung der Meere würde also erfüllt werden. Die Länge dieser Wasserstrafse würde nach San Juan du Sud hin 40 Meilen, nach Tamarindo hin 60 Meilen und nach Réalejo hin 66 Meilen betragen.

Die hiesige Verbindungslinie würde noch einen andern, nicht weniger bemerkenswerthen und wichtigen Vorzug vor den andern haben, nemlich, dafs in dieser Gegend Arbeiter zu dem Werke nicht fehlen und dafs die Krankheiten, welche rund um den Mexanischen Meerbusen, so wie auch fast längsaus der Landzunge, die Europäer so leicht hinraffen, hier nicht hausen. Für den wahrscheinlichsten Fall, nemlich den, dafs es am besten sein werde, den Canal von Moabita ausgehen zu lassen, würde man Arbeiter ganz in der Nähe im Überfluſs finden. In der Gegend des Sees von Leon nach Réalejo hin ist die Bevölkerung dichter als vielleicht an irgend einer andern Stelle des vormals Spanischen Theiles von America. In einem Umkreise von 7 bis 8 Meilen von Moabita, und noch näher an der Canallinie, hat die Stadt Leon 35000 Einwohner. Chinaudenga hat 16 000 Einwohner, und auch Réalejo, El Viejo und Nagarote sind stark bevölkert. Auf der mittäglichen Seite des Sees hat Managua 12 000 Einwohner. Weiterhin, am nordwestlichen Ende des Sees von Nicaragua, ist die Bevölkerung nicht minder dicht. Abgesehen von Grenada und Nicaragua hat Masaya 18 000 Einwohner, und auch Nandaime ist bedeutend. Das nicht minder bevölkerte platte Land ist so ungemein fruchtbar, dafs eine sehr grofse Zahl von Arbeitern dort Nahrung finden würde. Die Herrn *Rouhaud* und *Dumartray* erzählen von Gegenden, wo der Mais jährlich viermal geerndtet wird.

Jenseits des Sees von Nicaragua erheben sich die Berge noch mehr; aber die Land-Enge wird auch immer schmaler. In der Provinz Veragua ist sie anfangs noch 17 bis 20 Meilen breit, aber in der Bai von Panama, wo sie fast am schmalsten ist, hat sie nur noch 8¼ Meilen Breite; in der Bai von Mandinga, ein wenig weiter östlich, noch weniger. Herr *v. Humboldt* schätzte im Jahr 1825 die Breite der Landzunge auf 10 Meilen; nach den neueren Carten ist sie bedeutend schmaler. Die *Höhe* der Wasserscheide auf der Erdzunge, von welcher weit mehr noch als von der *Breite* des Landstreifens die Ausführbarkeit des Canals abhängt, ist längs der ganzen Strecke vom See von Nicaragua bis nach Süd-America hin sehr verschieden. Zufolge eines Berichts des Herrn *Wheaton* an das Institut von Washington beträgt die mittlere Erhebung der Bergkette in dem Staate Costa rica, welcher auf

den Staat Nicaragua folgt, etwa 5000 Fufs, also so viel als die der höchsten Spitzen der Voghesen. In der Provinz Veragua, mit welcher Neu-Grenada diesen Staat berührt, ist die Bergkette höher als die Pyrenäen, und eine Strecke lang findet sich sogar eine fortlaufende Hoch-Ebene. Aber weiter östlich, auf der eigentlich sogenannten Land-Enge von Panama, welche am Stillen Meere die weite Bai von Panama umgiebt, bricht sich die Bergkette; die Gipfel zertheilen sich und die Wasserscheide senkt sich. Sie erhebt sich zwar bald wieder, und bei Panama, östlich von Chagres, zwischen dieser Stadt und Porto Belo, so wie weiter hin, steigen die Berge wieder hoch empor: aber an der Bai von Mandinga, wo die Landzunge am allerschmalsten ist, findet sich nach des Herrn *Lloyd* Versicherung ein Thal, welches quer über von einem Meere zum andern reicht. Dieser Umstand ist also näher zu untersuchen.

(Die Fortsetzung folgt.)

13.

Über die verschiedenen Arten, die Spannkraft der atmosphärischen Luft als bewegende Kraft auf Eisenbahnen zu benutzen, von welchen eine die der sogenannten atmosphärischen Eisenbahnen ist.

(Vom Herausgeber dieses Journals.)

(Fortsetzung des Aufsatzes No. 2. im ersten, No. 9. im zweiten, No. 17. im vierten Heft ein und zwanzigsten und No. 2. im ersten und No. 10. im zweiten Hefte dieses Bandes.)

XIII. Luftwagen von der zweiten Art, bei welchen die zusammengepreſste Luft nur während eines Theiles des Kolbenlaufes in die Cylinder eingelassen wird.

a. Beschreibung desselben und seiner Wirkungen.

43.

Man hat bei Dampfwagen und bei Dampfmaschinen überhaupt die Bemerkung gemacht, dafs keineswegs die gröfste Wirkung der Spannkraft des Dampfs erlangt wird, wenn man den Dampf aus dem Kessel während des *ganzen* Kolbenlaufs in den Cylinder treten, also den *ganzen* Cylinder mit Dampf von der Spannung dessen im Kessel sich anfüllen läfst; es hat sich gefunden, dafs es vortheilhafter sei, wenn man den Zutritt des Dampfes aus dem Kessel in den Cylinder schon *absperrt*, wenn der Kolben erst *einen Theil* seines Laufs zurückgelegt hat, und hierauf den in den Cylinder getretenen Dampf sich *ausdehnen* und *so* den Cylinder *weiter* forttreiben läfst. Die hierdurch erreichbare Ersparung an Kraft hat sich bei Dampfmaschinen als sehr bedeutend erwiesen.

Da nun Dampf und zusammengepreſste Luft beide in der Wirkung ihrer Spannung ganz gleich sind, so mufs das Nemliche auch für *zusammengepreſste Luft* und folglich auch für *Luftwagen* Statt finden. In der That ist es offenbar, dafs, wenn man die zusammengepreſste Luft auf die Weise wie in (§. 33. *B.*) wirken, nemlich diejenige, welche den Kolben in (Fig. 13.) z. B. von der Lin-

ken nach der Rechten seinen ganzen Lauf hindurch fortgetrieben hat, *ins Freie entweichen läfst,* sobald der Kolben den Rückweg antritt, damit ihm auf dem Rückwege, eben wie auf dem Hinwege, nur noch *atmosphärische,* nicht mehr *zusammengedrückte* Luft *entgegenwirken* möge: dafs dann *die Spannung der entlassenen Luft verloren geht,* also eine wirkliche Kraft aufgeopfert wird, die möglicherweise noch hätte benutzt werden können. Es läfst sich sogar im Voraus schliefsen, dafs es vortheilhafter und *am vortheilhaftesten* sein werde, wenn man die zusammengepreſste Luft, welche den Kolben auf *einen Theil* seines Laufes fortgetrieben hat (den weitern Zutritt der zusammengepreſsten Luft aus dem Behälter nunmehr absperrend) *gerade so weit sich ausdehnen* läfst, dafs ihr nur noch die *Spannung der Atmosphäre* bleibt; denn diese für den Rückweg des Kolbens auszutreibende Luft hat dann *kein* Übergewicht an Spannkraft mehr über die äufsere Luft und es geht also mit ihr *nichts* mehr verloren. Die Rechnung hier unten (§. 46. *H.* und *I.*) wird zeigen, dafs es sich *wirklich* gerade so verhält; so wie, dafs die Ersparung an Kraft welche durch diese Anordnung sich erzielen läfst, bedeutend ist.

Wir müssen nun zunächst wieder beschreiben, wie der Luftwagen von dieser *zweiten Art* einzurichten sein würde, damit der Zutritt der zusammengepreſsten Luft aus den Behältern in den Cylinder schon dann abgesperrt werde, wenn der Kolben erst *einen Theil* seines Laufes zurückgelegt hat. Der Luftwagen selbst bleibt offenbar derselbe wie oben und einem Dampfwagen ähnlich; es kommt nur auf eine andere Einrichtung der Cylinder mit ihren Schiebeventilen an.

44.

A. Man setze, der Zutritt der zusammengedrückten Luft in den Cylinder solle schon abgesperrt werden, wenn der Kolben von seinem Laufe $AD = A_1D_1 = \lambda$ (Fig. 19. I.) erst *den Theil*

$$324. \quad AC = k$$

zurückgelegt hat. Figur 19. II. stelle die Kreise vor, welche die Kurbeln am Triebrade und die gröfsten Arme der excentrischen Scheiben, die die Gleitventile hin und her schieben, um den Mittelpunct Z der Trieb-Achse beschreiben. Die Bläuel- oder Schiebestangen der Kolben und der Gleitventile sind hier nicht, wie in (Fig. 13. und 16.), gezeichnet.

B. Wenn der Kurbel-Arm in der Lage AZ (Fig. 19. II.) ist, befinde sich die linke Fläche des Kolbens in A (Fig. I.); wenn der Kurbel-

arm die Lage BZ (II.) hat, in B (I.). Wenn er die Lage CZ (II.) hat, in C (I.); wenn er die Lage DZ (II.) hat, in D (I.); wenn er die Lage EZ (II.) hat, befinde sich die rechtseitige Fläche des Kolbens in E_1 (I.); wenn er die Lage FZ (II.) hat in F_1 (I.), und endlich, wenn er wieder in die Lage AZ (II.) zurückgekommen ist, wieder in A_1 (I.) und die linke Fläche in A (I.), so dafs also AB (I.) $= AB_1$ (II.), AC (I.) $= AC_1$ (II.), AD (I.) $= AD$ (II.), D_1E_1 (I.) $= DE_1$ (II.) und D_1F_1 (I.) $= DF_1$ (II.) ist.

C. Da in dem Fall, wenn der Kolben durch *zusammengepreſste* Luft soll *fortgetrieben* werden, nur während seines Laufes von A bis C (I.) und rückwärts von D_1 bis F_1 dergleichen Luft in den Cylinder soll gelangen können, so müssen während des Theils des Kolbenlaufs von C bis D oder von F bis A_1 *beide* Zuleitungscanäle 1 und 2 verschlossen sein. Da nun aber bei der gewöhnlichen Art, mit einem *einzelnen* Schiebeventil, nach (Fig. 13.), die Luft, welche *vor* dem Kolben ausgetrieben wird, nur durch den einen oder den andern der *nemlichen* Canäle 1 und 2 entweichen kann, so würde diese Luft hier während des Theils CD des Kolbenlaufs in den Cylinder *eingesperrt* sein und also *zusammengedrückt* werden, welches den Kolben, statt ihn fortzutreiben, *hemmen* und mithin nachtheilig sein würde. Daraus folgt, dafs hier, anders wie in dem Fall, wo die zusammengepreſste Luft während des *ganzen* Kolbenlaufs in den Cylinder strömen soll, *ein einzelnes Schiebeventil nicht hinreichend ist;* wenigstens nicht ohne sehr künstliche Anordnungen. Durch *zwei* Schiebeventile, wie sie in Fig. 19. I. angedeutet sind, also auch mit *zwei* excentrischen Scheiben, mit einer für jeden der beiden Cylinder, läfst sich aber die verlangte Wirkung eben so einfach erlangen, wie in dem gewöhnlichen Falle (Fig. 13.); und zwar auf folgende Weise. (Die Figuren deuten die Anordnung nur an.)

D. V (Fig. 19. I.) sei die Röhre, $a, a_{,,}$ das Ventil für die in den Cylinder *einströmende,* X die Röhre und $\alpha, \alpha_{,,}$ das Ventil für die aus dem Cylinder *ausströmende* Luft. aZ (Fig. 19. II.) sei der gröfste Hebelsarm der *ersten* das Ventil $a, a_{,,}$ (Fig. I.) hin und her schiebenden excentrischen Scheibe auf der Triebachse und αZ (II.) der gröfste Hebelsarm der *zweiten* excentrischen Scheibe, welche das Ventil $\alpha, \alpha_{,,}$ (Fig. 1.) in Bewegung setzt.

Wenn sich der Kurbelarm in AZ (Fig. II.), also die linke Fläche des Kolbens in A (Fig. I.) befindet, habe die *erste* Scheibe die Lage aZ (Fig. II.) und das Ventil $a, a_{,,}$ (I.) die Lage $a, a_{,,}$; die zweite Scheibe dagegen die

Lage αZ (II.) und das Ventil $\alpha,\alpha_{,,}$ (I.) die Lage $\alpha,\alpha_{,,}$. Alsdann sind alle vier Canäle 1, 2, 3 und 4 *verschlossen.*

So wie nun die Kurbel den Winkel $AZB = aZb$ (II.) durchläuft, also die linke Fläche des Kolbens von A nach B (I.) gelangt, kommt die *erste* Scheibe aZ (II.) in die Lage bZ und das Ventil $a,a_{,,}$, welches sie (*rückläufig* vermittelst eines zweiarmigen Hebels wie in Fig. 13.) zieht, aus der Lage $a,a_{,,}$ in die Lage $b,b_{,,}$, zu welchem Ende die Breite der Öffnung des Canals 1 nicht kleiner als bc_1 (Fig. II.) sein darf; die *zweite* Scheibe αZ (II.) dagegen kommt, $\alpha Z\beta = AZB$ gesetzt, in die Lage βZ und schiebt das Ventil $\alpha,\alpha_{,,}$ (I.) (*rechtläufig*, also *ohne* zweiarmigen Hebel) aus der Lage $\alpha,\alpha_{,,}$ in die Lage $\beta,\beta_{,,}$. Während des Laufs der Kurbel von A nach B (II.) ist also der Canal 1 (I.), so wie der Canal 4 geöffnet, die Canäle 2 und 3 dagegen sind verschlossen; die zusammengepreſste Luft kann folglich *hinter* den Kolben durch den Canal 1 in AB (I.) *eintreten*, die Luft *vor* dem Kolben dagegen rechts vom Kolben durch den Canal 4 *ausströmen.*

So wie ferner die Kurbel den Winkel $BZC = bZc$ (II.) durchläuft, also die linke Fläche des Kolbens weiter von B nach C (I.) gelangt, kommt die *erste* Scheibe in die Lage cZ (II.) und das Ventil $a,a_{,,}$ (I.) aus der Lage $b,b_{,,}$ in die Lage $c,c_{,,}$, das heifst, wieder in die anfängliche Lage $a,a_{,,}$ *zurück;* die *zweite* Scheibe αZ (II.) dagegen kommt, $\beta Z\gamma = BZC = AZB$ gesetzt, in die Lage γZ und rückt das Ventil $\alpha,\alpha_{,,}$ (I.) *weiter* von $\beta,\beta_{,,}$ nach $\gamma,\gamma_{,,}$. Während des Laufs der Kurbel von B nach C sind also *ferner, ganz wie vorhin*, die Canäle 1 und 4 offen und die Canäle 2 und 3 sind verschlossen. Die zusammengepreſste Luft kann also *überhaupt* während des Laufes der Kurbel von A bis C (II.) durch den Canal 1 (I.) *hinter* den Kolben in AC (I.) *eintreten*, die Luft *vor* dem Kolben dagegen durch den Canal 4 *ausströmen.*

Bewegt sich die Kurbel weiter von C nach K (II.), also der Kolben weiter von C nach K (I.), so gelangt die *erste* Scheibe von Zc (II.) nach Zk und schiebt das Ventil $a,a_{,,}$ (I.) *weiter* von $c,c_{,,}$ nach $k,k_{,,}$; die *zweite* Scheibe gelangt von $Z\gamma$ nach Zx (II.) und schiebt das Ventil $\alpha,\alpha_{,,}$ (I.) *ebenfalls weiter* von $\gamma,\gamma_{,,}$ nach $x,x_{,,}$. Also waren jetzt die *drei* Canäle 1, 2 und 3 (I.) *verschlossen* und nur allein der Canal 4 war *offen.* Mithin konnte die zusammengepreſste Luft *nicht* mehr *hinter* oder links vom Kolben *eintreten;* wohl aber ferner die Luft, welche sich *vor* oder rechts des Kolbens befindet, durch 4 *ausströmen.*

Bewegt sich endlich die Kurbel von K bis D (II.), also der Kolben von K nach D (I.), so gelangt die *erste* Scheibe von Zk (II.) nach Zd und schiebt das Ventil $a, a_{,,}$ (I.) *ebenfalls weiter* von $k, k_{,,}$ bis $d, d_{,,}$; die *zweite* Scheibe gelangt von $Z\varkappa$ (II.) nach $Z\delta$ und zieht das Ventil $\alpha, \alpha_{,,}$ (I.) von $\varkappa, \varkappa_{,,}$ nach $\delta, \delta_{,,}$ oder nach $\alpha, \alpha_{,,}$ *zurück*. Also waren auch hier die *drei* Canäle 1, 2 und 3 (I.) *verschlossen* und nur der Canal 4 war *offen*. Die zusammengepreſste Luft konnte *nicht hinter* oder links vom Kolben *eintreten*, wohl aber *vor* dem Kolben durch 4 *ausströmen*.

Zusammen also konnte während des *ganzen* Laufs der Kurbel, von A bis D (II.), also während des *ganzen* Kolbenlaufs AD (I.), die Luft rechts des Kolbens durch den Canal 4 und die Röhre X *ausströmen*, die zusammengepreſste Luft dagegen nur während des Kolbenlaufes von A bis C durch den Canal 1 und die Röhre V *hinter* den Kolben *eintreten*; und das ist was verlangt wird. Die Canäle 2 und 3 waren während des *ganzen* Kolbenlaufs von A bis D *beide* verschlossen.

E. Bei dem *Rücklauf* des Kolbens von D nach A, während der weitern Bewegung der Kurbel von D nach A (II.), verhält es sich auf umgekehrte Weise ganz ähnlich.

Während die Kurbel von D (II.) durch E nach F vorrückt, also der Kolben von D_1 (I.) über E_1 nach F_1 sich zurückbewegt, kommt die *erste* Scheibe von Zd (II.) durch Ze nach Zf und schiebt das Ventil $a, a_{,,}$ (I.) von $d, d_{,,}$ nach $e, e_{,,}$ hin und nach $f, f_{,,}$ oder $d, d_{,,}$ zurück, öffnet also während dieser ganzen Zeit den Canal 2 und die zusammengepreſste Luft kann durch 2 und V *rechterhand* vom Kolben in D_1F_1 *eintreten*. Die *zweite* Scheibe dagegen kommt von $Z\delta$ (II.) durch $Z\varepsilon$ nach $Z\varphi$ und zieht das Ventil $\alpha, \alpha_{,,}$ (I.) von $\delta, \delta_{,,}$ durch $\varepsilon, \varepsilon_{,,}$ nach $\varphi, \varphi_{,,}$, *öffnet* also den Canal 3 und *verschlieſst* den Canal 4, so daſs die Luft *links* vom Kolben durch 3 und X *ausströmen* kann.

Bewegt sich die Kurbel weiter von F (II.) durch L nach A, also die rechte Seite des Kolbens von F_1 (I.) durch L_1 nach A_1, so kommt die *erste* Scheibe von Zf (II.) durch Zl nach Za und schiebt das Ventil $a, a_{,,}$ (I.) von $f, f_{,,}$ weiter über $l, l_{,,}$ nach $a, a_{,,}$, *verschlieſst* also *beide* Canäle 1 und 2, und die zusammengedrückte Luft kann nicht mehr in den Cylinder strömen. Die *zweite* Scheibe dagegen kommt von $Z\varphi$ (II.) durch $Z\lambda$ nach $Z\alpha$ und zieht das Ventil $\alpha, \alpha_{,,}$ (I.) erst von $\varphi, \varphi_{,,}$ nach $\lambda, \lambda_{,,}$ und dann bis $\alpha, \alpha_{,,}$ zurück,

läfst also den Canal 3 offen und hält 4 verschlossen, so dafs die Luft links vom Kolben ferner durch 3 ausströmen kann.

Zusammen kann wieder während des *ganzen* Laufes des Kolbens von D nach A (II.) die Luft *vor* dem Kolben durch 3 und X ausströmen, die zusammengepreſste Luft dagegen *nur* während des Laufs des Kolbens von D_1 bis F_1 *hinter* denselben eintreten; wie es sein solle.

Bei der weitern Bewegung der Kurbel und des Kolbens wiederholt sich das Vorige.

F. Die *zusammengepreſste* Luft kann also überhaupt nur während der *Theile* $AC = D_1F_1 = k$ (I.) des Kolbenlaufs *hinter* den Kolben eintreten, um ihn fortzutreiben: die Luft *vor* demselben dagegen kann während des *ganzen* Kolbenlaufs ausströmen, so dafs diese Luft niemals *zusammengedrückt* wird, nur der Druck der Atmosphäre dem Kolben *entgegenwirkt* und also die zusammengepreſste Luft ihre *volle* Kraft auf ihn ausüben kann.

G. So verhält es sich, wenn der *Kolben die Kurbel forttreiben muſs*, oder wenn Kraft nöthig ist, um den Wagenzug fortzubewegen. Wir müssen nun sehen, was erfolgt, wenn umgekehrt die *Kurbel den Kolben treibt*, oder wenn der Wagenzug auf einem so starken Abhange hinabrollt, dafs entweder *keine* Kraft nöthig ist, um ihn fortzubewegen, oder die Schwere auf der abhängigen Bahn sogar noch einen *Überschuſs* an Kraft hervorbringt.

45.

A. Die Bewegung der beiden Ventile $a, a_{,,}$ und $\alpha, \alpha_{,,}$ (Fig. 19. I.) bleibt ganz dieselbe, es mag *zusammengepreſste* Luft hinter den Kolben treten, um ihn fortzutreiben, oder *nicht zusammenpreſste*, oder sogar *verdünnte* Luft; denn diese Bewegung hängt lediglich von der der Kurbel und der excentrischen Scheiben, also von der Umdrehung der Trieb-Achse ab.

B. In dem Augenblick, wo der Kolben von A nach D (I.) hin seinen Lauf antritt, öffnen sich nach der Beschreibung im vorigen Paragraphen die Canäle 1 und 4, und 2 und 3 sind verschlossen. Ist also keine *zusammengepreſste* Luft nöthig und man läfst *atmosphärische* Luft durch V einströmen, so tritt dieselbe sowohl *hinter* als *vor* dem Kolben, nemlich durch 1 in AC und durch 4 in CD. Der Kolben wird also von der Luft weder vor noch zurück getrieben.

C. Aber dies findet nur während des *Theils* seines Laufes von A bis C Statt. Während des Rests des Hinweges von C bis D ist der obigen Beschreibung zufolge nur *allein* der Canal 4 offen; *alle* übrigen drei Canäle 1, 2 und 3 sind verschlossen. Also kann *hinter* den Kolben *keine* Luft mehr eintreten und die den Raum AC füllende Luft mufs sich folglich in den Raum AD *ausdehnen;* dagegen bleibt der Raum vor dem Kolben fortwährend offen, und folglich wirkt die Luft *vor* dem Kolben, die jedenfalls die Spannung der Atmosphäre hat, mit einem *Überschufs* an Kraft über die der verdünnten Luft hinter dem Kolben demselben *entgegen* und dient also jedenfalls, und zwar hier nicht *willkürlich,* sondern *unvermeidlich,* zur *Hemmung.*

D. So wie der Kolben seinen Rückweg von D_1 nach A_1 antritt, öffnen sich die Canäle 2 und 3, und 1 und 4 werden verschlossen. Also strömt nur durch 3 Luft in den Raum DA, welcher nun *verdünnte* Luft enthält, und hinter den Kolben in D_1F_1 tritt durch 2 ebenfalls Luft ein, letzteres jedoch nur bis der Kolben nach F_1 gelangt ist. Dort wird 2 für den übrigen Lauf von F_1 bis A_1 verschlossen, und nur 3 bleibt offen. Also mufs sich wieder die in D_1F_1 eingetretene Luft in den Raum D_1A_1 ausdehnen, während gegentheils die durch 3 eingetretene Luft fortdauernd dem Kolben *entgegenwirkt* und ihn *hemmt.*

E. Läfst man also durch *beide* Röhren V und X *atmosphärische* Luft eintreten, so wirkt während der Theile AC und $D_1F_1 = k$ des Kolbenlaufs *gar keine* Kraft auf den Kolben; während der übrigen Theile $CD = F_1A_1 = \lambda - k$ des Laufs dagegen wirkt dem Kolben der *Überschufs* der Spannung der Atmosphäre über die allmälig von dem Raum k in den Raum λ sich ausdehnende oder verdünnende Luft *entgegen.*

F. Läfst man *nur* durch V atmosphärische Luft eintreten, hingegen X in einen *verschlossenen Behälter* münden, der durch B bezeichnet werden mag, so wird zunächst beim *ersten Hinwege* des Kolbens die in $A_1D_1 = \lambda$ enthaltene atmosphärische Luft in den Behälter getrieben, während sich die in $AC = k$ eingetretene atmosphärische Luft in den Raum $AD = \lambda$ ausdehnt. Also nimmt der *Druck* auf den Kolben allmälig *ab* und zugleich der *Gegendruck* allmälig *zu.* Bei dem Rückgange des Kolbens öffnen sich die Canäle 2 und 3; die Luft tritt *aus dem Behälter* B in den Raum A_1D_1, in welchem sich noch verdünnte Luft befindet, und hat also nun *vor* dem Kolben eine *stärkere* Spannung als die Atmosphäre, und zwar um so viel, als die vorhin in $AC = k$ eingetretene atmosphärische Luft sie hervorbringt. Hinter den

Kolben, in D_1F_1, tritt wieder atmosphärische Luft ein, die sich wieder von $D_1F_1 = k$ bis auf $D_1A_1 = \lambda$ ausdehnt. Die *vor* dem Kolben befindliche, schon verdichtete Luft treibt der Kolben in den Behälter B *zurück*. So geht es weiter; und es ist leicht zu sehen, dafs bei jedem Kolbenlauf der Raum $AC = k$ voll atmosphärischer Luft in den Behälter *eingetrieben* wird; wie es auch offenbar geschehen mufs, da die durch V immer neu *eintretende* atmosphärische Luft niemals durch V, sondern immer nur durch X ihren *Ausweg* findet.

Das *Einpumpen* von Luft findet also auch hier Statt, und der Kolbenlauf wird dadurch allmälig immer stärker gehemmt. Nur werden hier nicht bei jedem Umlauf der Kurbel zwei *ganze* Cylinder voll atmosphärischer Luft eingepumpt, sondern nur so viel, als die beiden Räume AC und F_1D_1 füllt.

G. Man kann auch den Zutritt von Luft durch V *ganz abschneiden;* etwa durch einen Hahn in der Röhre V, dicht über dem Ventil $a, a_{,,}$ und dagegen X in einen verschlossenen Behälter B münden lassen. Dann wird, weil *keine* neue Luft hinzutritt, auch keine Luft weiter in den Behälter eingepumpt, als die wenige aus den Canälen 1 und 2 und über dem Ventil $a, a_{,,}$, und dem Kolben wirkt stets die Luft in dem Behälter B entgegen, abwechselnd mit der Spannung 1, bis zu derjenigen, welche die Verdichtung durch das Eintreiben der den Raum $AD = D_1A_1$ füllenden Luft hervorbringt.

H. Schneidet man den Zutritt der Luft durch V wie vorhin *ganz ab* und läfst X ins *Freie* ausmünden, so wirkt dem Kolben *fortwährend* die Spannung der Atmosphäre entgegen.

I. Liefse sich endlich, während, wie vorhin, der Zutritt von Luft durch V abgeschnitten und X nach dem Freien hin offen ist, genau in dem Augenblick, wo der Kolben seinen Hinweg oder seinen Rückweg *vollendet* hat und also die atmosphärische Luft vor dem Kolben ausgetreten ist, X *verschliefsen*, so würde der Kolben sich in einem fast leeren Raume hin und her bewegen und ihn also *keine* Kraft, weder treiben, noch hemmen. Dieses einzurichten, wäre nicht unmöglich, da sich wohl eine Vorrichtung anbringen liefse, vermittels welcher, so wie man sie in Wirkung setzt, *der Kolben selbst*, in dem Augenblick wo er bei seinem ersten oder einem folgenden Hingange oder Rückgange an das *Ende* seines Laufes gelangt, die Röhre X dicht über dem Ventil verschliefst.

K. Die beiden Ventile $a, a_{,,}$ und $\alpha, \alpha_{,,}$ müssen hier, da sie sowohl von *aufsen nach innen*, als von *innen nach aufsen* gepreſst werden, in *Falzen* sich bewegen, welche sie auf den Cylinder fest andrücken.

Nach diesem Verhalten der verschiedenen Wirkungen werden nun dieselben zu *berechnen* sein.

b. Berechnung der Wirkung der Spannung der Luft in einem Luftwagen zweiter Art auf das Forttreiben des Wagenzuges, und umgekehrt.

46.

A. Die Bezeichnungen mögen ganz dieselben sein wie in (§. 34.). Wie in (§. 54. *D.*) bemerkt, bleibt die dortige Berechnung des *Moments* des Luftdruckes p auf den Kolben *ganz dieselbe,* der Druck p mag während des Kolbenlaufs *constant* sein, oder *veränderlich.* In beiden Fällen ist das Differential ∂M dieses Moments nach (§. 34. *I.*) =

325. $\partial M = 2p\partial x$, für *einen* Cylinder.

B. Dort, in (§. 34. *K.*), ist der Druck p auf den Kolben während des *ganzen* Laufes des Kolbens, also von $x = 0$ bis $x = 2r = \lambda$, *constant,* nemlich =

326. $p = \frac{1}{4}\pi\Delta^2\mu\sigma$ (152.), für *einen* Cylinder.

Hier ist p nur von $x = 0$ bis $x = AC$ (Fig. 19.) $= k$ *constant,* von $x = AC = k$ bis $x = AD = 2r = \lambda$ aber *veränderlich,* weil sich die den Raum AC füllende zusammengepreſste Luft allmälig in den Raum AD *ausdehnt.* Das Moment M besteht also hier aus *zwei* Theilen M_1 und M_2, deren einer von $x = 0$ bis $x = k$, der andere von $x = k$ bis $x = 2r = \lambda$ zu nehmen ist.

C. Für den *ersten* Theil M_1 hat p den constanten Werth (326.), also ist für ihn nach (325.)

327. $\partial M_1 = \frac{1}{4}\pi\Delta^2\mu\sigma\partial x$ und folglich

328. $M_1 = \frac{1}{4}\pi\Delta^2\mu\sigma.x + \text{Const.}$

Da $M_1 = 0$ ist für $x = 0$, so ist Const. $= 0$ und, $x = k$ gesetzt, giebt (328.) für den *ganzen ersten* Theil des Moments:

329. $M_1 = \frac{1}{4}\pi\Delta^2\mu\sigma k$, für *einen* Gylinder.

D. Für den *zweiten* Theil des Moments dehnt sich die Luft, die in dem Raume AC die Spannung $1+\mu$ hat, fortwährend aus. Ist der Kolben nach irgend einer Stelle gelangt, für welche $x > k$ ist, so hat sich die Spannung der Luft bis auf $(1+\mu)\frac{k}{x}$ vermindert, und die Spannung, mit welcher sie nun an dieser Stelle den Kolben forttreibt, ist, nach Abzug der Spannung 1

der entgegenwirkenden Atmosphäre, $=(1+\mu)\frac{k}{x}-1$; also ist der Ausdruck von p für den *zweiten* Theil des Moments:

$$330. \quad p = \tfrac{1}{2}\pi\mathcal{A}^2\sigma\left[(1+\mu)\frac{k}{x}-1\right],$$

mithin ist nach (325.)

$$331. \quad \partial M_2 = \tfrac{1}{2}\pi\mathcal{A}^2\sigma\left[(1+\mu)\frac{k}{x}-1\right]\partial x.$$

Dieses integrirt, giebt

$$332. \quad M_2 = \tfrac{1}{2}\pi\mathcal{A}^2\sigma[(1+\mu)k\log\text{nat}\,x - x] + \text{Const.}$$

Für $x=k$ ist $M_2=0$, also Const. $=\tfrac{1}{2}\pi\mathcal{A}^2\sigma[k-(1+\mu)k\log\text{nat}\,k]$ und folglich $M_2=\tfrac{1}{2}\pi\mathcal{A}^2\sigma\left[(1+\mu)k\log\text{nat}\frac{x}{k}+k-x\right]$, und für den ganzen Rest des Kolbenlaufes CD, für welchen $x=\lambda$ ist, ist

$$333. \quad M_2 = \tfrac{1}{2}\pi\mathcal{A}^2\sigma\left[(1+\mu)k\log\text{nat}\frac{\lambda}{k}+k-\lambda\right], \text{ für } \textit{einen} \text{ Cylinder.}$$

E. Die beiden Momente M_1 und M_2 (329. und 333.) zusammen machen das Moment M für die ganze Umdrehung der Trieb-Achse aus; denn für den untern Halbkreis DLA ist das Moment nach (§. 34. *I.*) schon in (325.) in Rechnung gebracht. Das gesammte Moment für einen *ganzen* Umlauf der Trieb-Achse und für die *beiden* Cylinder ist also

$$334. \quad M = \pi\mathcal{A}^2\sigma\left[(1+\mu)k\left(\log\text{nat}\frac{\lambda}{k}+1\right)-\lambda\right].$$

F. Dieses Moment an der Kurbel wird durch eine Luftmasse von der Spannung $1+\mu$ hervorgebracht, welche 4mal den Raum AC hinter dem Kolben füllt und welche durch a bezeichnet werden mag, also durch

$$335. \quad a = \pi\mathcal{A}^2(1+\mu)k \text{ C. F. } \textit{atmosphärischer} \text{ Luft.}$$

Setzt man a in (334.), so ergiebt sich

$$336. \quad M = a\sigma\left(\log\text{nat}\frac{\lambda}{k}+1-\frac{\lambda}{(1+\mu)k}\right).$$

G. Da nun k *willkürlich* ist, so fragt sich, durch *welches* k mit *derselben* Luftmasse a das *möglich-gröfste* Moment erlangt werde.

Dieses k wird dasjenige sein, für welches $\log\text{nat}\frac{\lambda}{k}+1-\frac{\lambda}{(1+\mu)k}$ oder

$$337. \quad \log\text{nat}\,\lambda - \log\text{nat}\,k + 1 - \frac{\lambda}{(1+\mu)k} = \text{Max. ist.}$$

Die *erste* Differentiation nach k giebt

$$338. \quad -\frac{1}{k}+\frac{\lambda}{(1+\mu)k^2} = \partial\,\text{Max.} = 0;$$

die *zweite* giebt

$$339. \quad \frac{1}{k^2} - \frac{2\lambda}{(1+\mu)k^3} = \partial^2 \text{Max.}$$

Aus (338.) folgt $(1+\mu)k - \lambda = 0$, also

$$340. \quad k = \frac{\lambda}{1+\mu}$$

und dies in (339.) gesetzt giebt $\frac{(1+\mu)^2}{\lambda^2} - \frac{2\lambda}{1+\mu} \cdot \frac{(1+\mu)^3}{\lambda^3}$ oder

$$341. \quad \frac{-(1+\mu)^2}{\lambda^2} = \partial^2 \text{Max.}$$

Dieses ∂^2 Max. ist immer *negativ*, also giebt $k = \frac{\lambda}{1+\mu}$ wirklich ein *Maximum, nicht ein Minimum.*

H. Den für das Maximum gefundenen Werth von k (340.) in den Ausdruck des Moments (334.) gesetzt, giebt $M = \pi \mathcal{A}^2 \sigma [\lambda(\log\text{nat}(1+\mu)+1) - \lambda]$ oder

$$342. \quad M = \pi \mathcal{A}^2 \sigma \lambda \log\text{nat}(1+\mu);$$

welches also das möglich-gröfste, mit der Luftmasse

$$343. \quad a = \pi \mathcal{A}^2 (1+\mu)k \quad (335.) \quad = \pi \mathcal{A}^2 \lambda \quad (340.)$$

zu erlangende Moment ist. Setzt man (343.) in (342.), so kann auch M durch

$$344. \quad M = a\sigma \log\text{nat}(1+\mu)$$

ausgedrückt werden.

I. Die Luftmasse a (343.) ist, wie man sieht, gerade die *atmosphärische* Luft, *welche in 4 Cylindern Raum findet.* Es folgt also, dafs man, um das möglich-gröfste Moment zu erlangen, die atmosphärische Luft, welche die Cylinder füllen würde, bis auf die Spannung $1+\mu$ zusammenpressen, in einen Raum AC, der der $1+\mu$te Theil des Cylinders ist (340.), einströmen und sie dann wieder, indem sie den Kolben forttreibt, bis zu der blofsen Spannung der Atmosphäre hinunter sich ausdehnen lassen mufs. Nachdem nemlich der Kolben das Ende D des Cylinders erreicht hat, ist die Spannung $1+\mu$ der Luft in AC bis auf $(1+\mu)\frac{AC}{AD} = (1+\mu)\frac{k}{\lambda} = (1+\mu)\frac{1}{1+\mu}$ (340.) $= 1$, also bis auf die Spannung der blofsen Atmosphäre hinabgesunken.

K. Wäre $k = \lambda$, so dafs sich, wie bei der *ersten* Art von Luftwagen, die *ganzen* Cylinder mit *zusammengepreſster* Luft füllten, so wäre nach (334.) $\overset{1}{M} = \pi \mathcal{A}^2 \sigma [(1+\mu)\lambda(\log\text{nat}\,1 + 1) - \lambda]$ oder

$$345. \quad \overset{1}{M} = \pi \mathcal{A}^2 \mu \lambda \sigma.$$

Dieser Ausdruck stimmt, wie gehörig, mit Dem was (329.) für $k = \lambda$ giebt, so wie mit (153. §. 34. *L.*) überein.

L. Ferner ist für $k = \lambda$ in (335.)

$$346. \quad \overset{1}{a} = \pi \Delta^2 (1+\mu)\lambda,$$

welches, in (345.) gesetzt,

$$347. \quad \overset{1}{M} = \sigma \overset{1}{a}_r \frac{\mu}{1+\mu}$$

giebt. Soll nun

$$348. \quad \overset{1}{a} = a$$

sein oder für beide Arten von Luftwagen ***dieselbe*** Luftmasse, auf ***dieselbe*** Spannung $1+\mu$ zusammengepreſst, angewendet werden, so daſs nur Δ und λ in den beiden Luftwagen verschieden sind, so ergiebt sich aus (344. und 347.)

$$349. \quad \begin{cases} 1. \quad M = a\sigma \log \text{nat}(1+\mu) & \text{für } k = \frac{\lambda}{1+\mu} \quad \text{und} \\ 2. \quad \overset{1}{M} = a\sigma \frac{\mu}{1+\mu} & \text{für } k = \lambda, \end{cases}$$

also

$$350. \quad \frac{M}{\overset{1}{M}} = \frac{1+\mu}{\mu} \log \text{nat}(1+\mu).$$

Das ***Sovielfache*** ist das Moment der ***zweiten*** Art des Luftwagens von dem der ***ersten***. Der Ausdruck (350.) giebt

	Für $\mu =$	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9,	10.
351.	$\frac{M}{\overset{1}{M}} =$	1,648	1,848	2,012	2,150	2,270	2,377	2,472	2,558	2,637.

Es zeigt sich also, daſs eine ***bedeutend gröſsere Wirkung*** durch die ***zweite*** gegen die ***erste*** Art des Luftwagens erreicht werden kann. Und dies bestätigt, was in (§. 43.) im Voraus zu erachten war. Das Resultat (*I.*) bestätigt, was dort im Voraus geschlossen wurde, nemlich, daſs es ***am vortheilhaftesten*** sei, den Eintritt der zusammengepreſsten Luft in die Cylinder so abzuschneiden, daſs sie, nun weiter in dem Cylinder sich ausdehnend und den Kolben forttreibend, gerade wieder bis zur Spannung der bloſsen Atmosphäre hinabsinkt und erst bis so weit verdünnt aus dem Cylinder wieder hinausgetrieben werde, weil dann keine Kraft der Spannung der zusammengepreſsten Luft mehr ***verloren*** geht.

47.

A. Für *welches* Moment (334.) oder für *welche* Zugkraft des Wagens, also für *welche* dazu nöthige Spannung $1+\mu$ der Luft man auch k nach (340.) so einrichten möge, dafs gerade für *diese* Spannung, die zum Unterschiede durch $1+\mu_1$ bezeichnet werden mag, die *möglich-gröfste* Wirkung erreicht werde, so pafst doch k dann immer *nur allein* für eben *diese* Spannung $1+\mu_1$ und für die Zugkraft, welche ihr entspricht. Ist k einmal *bestimmt*, so läfst es sich nicht mehr, wenigstens nicht *während* einer Fahrt des Wagens, ändern; denn die excentrischen Scheiben auf der Triebrad-Achse müssen danach festgestellt und *festgeschraubt* werden. Tritt nun hierauf eine *schwächere* als auf $1+\mu_1$ gespannte Luft in die Cylinder, weil *weniger* Zugkraft nöthig ist, so wird sie sich, wenn der Kolben von *C* nach *D* sich bewegt, nicht allein bis zur Spannung der blofsen Atmosphäre hinunter, sondern bis auf eine *noch geringere* Spannung ausdehnen und also dann die äufsere Luft dem Kolben gegen das Ende seines Laufes *entgegenwirken*. Tritt eine *stärker* als auf $1+\mu_1$ gespannte Luft in die Cylinder, weil *mehr* Zugkraft nöthig ist, so wird sie sich, so wie der Kolben von *C* nach *D* fortrückt, *nicht ganz* bis zur Spannung der blofsen Atmosphäre hinab verdünnen, also beim Rückgange des Kolbens noch mit einiger *überschüssiger* Spannung entweichen.

Nun ist wirklich während einer Fahrt die nöthige Zugkraft verschieden, und *sehr* verschieden, je nachdem die Eisenbahn mehr oder weniger steigt, oder fällt. Also mufs man die Luft wirklich auf *sehr verschiedene* Spannungen, die *allgemein* durch $1+\mu$ bezeichnet werden, in die Cylinder treten lassen. Es ist demnach zu untersuchen, welches Moment von einer *beliebigen* Spannung $1+\mu$ der in die Cylinder eintretenden zusammengeprefsten Luft hervorgebracht werde, nachdem einmal k für irgend ein bestimmtes $\mu=\mu_1$ *festgesetzt* worden ist.

Erster Fall $\mu > \mu_1$.

B. Auf diesen Fall passen vollkommen *dieselben* Rechnungen wie in (§. 46. *B.* bis *E.*); denn es ist dort noch nicht vorausgesetzt worden, dafs sich die Luft gerade wieder bis auf die Spannung der blofsen Atmosphäre hinab ausdehnen soll. Also ist hier, ganz wie in (334.),

$$352. \qquad \overset{2}{M} = \pi \Delta^2 \sigma \left[(1+\mu)k\left(\log\text{nat}\frac{\lambda}{k}+1\right)-\lambda\right].$$

C. Ist nun k für die Spannung $1+\mu_1$ so bestimmt worden, dafs für *diese* Spannung die möglich-gröfste Wirkung erreicht werde, so mufs nach (340.)

$$353. \quad k = \frac{\lambda}{1+\mu_1}$$

sein. Dies in (352.) gesetzt giebt

$$\overset{2}{M} = \pi \Delta^2 \sigma \left[(1+\mu)\frac{\lambda}{1+\mu_1}(\log\text{nat}(1+\mu_1)+1)-\lambda\right] \text{ oder}$$

$$354. \quad \overset{2}{M} = \frac{\pi \Delta^2 \lambda \sigma}{1+\mu_1}[(1+\mu)\log\text{nat}(1+\mu_1)+\mu-\mu_1].$$

D. Die hier nöthige Masse atmosphärischer Luft ist nach (335.)

$$355. \quad a = \pi \Delta^2 (1+\mu)\frac{\lambda}{1+\mu_1},$$

also wird $\overset{2}{M}$ (354.) auch durch

$$356. \quad \overset{2}{M} = \frac{a\sigma}{1+\mu}[(1+\mu)\log\text{nat}(1+\mu_1)+\mu-\mu_1]$$

ausgedrückt.

E. Liefse man, wie bei der *ersten* Art des Luftwagens, die Cylinder *ganz* mit Luft von der Spannung $1+\mu$ sich füllen, so wäre das Moment für *denselben* Aufwand a von atmosphärischer Luft nach (349. 2.)

$$357. \quad \overset{1}{M} = a\sigma\frac{\mu}{1+\mu}.$$

Aus (356. und 357.) folgt

$$358. \quad \frac{\overset{2}{M}}{\overset{1}{M}} = \frac{1}{\mu}[(1+\mu)\log\text{nat}(1+\mu_1)+\mu-\mu_1]$$
$$= \log(1+\mu_1)+1+\frac{\log(1+\mu_1)-\mu_1}{\mu}.$$

Das *Sovielfache* ist das Moment für $k=\frac{\lambda}{1+\mu_1}$ von demjenigen für $k=\lambda$.

F. Hätte man z. B. k für $\mu_1=5$ bestimmt, so würde

		Für $\mu=6$,	7,	8,	9,	10
359.	$\frac{\overset{2}{M}}{\overset{1}{M}} =$	2,257	2,333	2,390	2,435	2,471

sein; woraus erhellet, dafs es immer noch vortheilhaft ist, die Cylinder nicht *ganz* mit zusammengepreſster Luft von der für die Zugkraft nöthigen Spannung $1+\mu$ sich füllen zu lassen, sondern ihren Zutritt so abzuschneiden, dafs für irgend eine *geringere* Spannung $1+\mu_1$ die möglich-gröfste Wirkung erlangt werde.

G. Die *Grenze* des zu erlangenden Vortheils ist, für $\mu = \infty$, zufolge (358.),

$$360. \quad \frac{\overset{2}{M}}{\overset{1}{M}} = \log(1+\mu_1)+1,$$

also um so kleiner, je kleiner μ_1 ist. Für das obige $\mu_1 = 5$ ist die Grenze 2,791; für $\mu_1 = 2$ ist sie 1,693.

Zweiter Fall $\mu < \mu_1$.

H. Auch für diesen Fall pafst der Ausdruck (334.), aber nicht mehr für den *ganzen* Kolbenlauf λ, sondern zunächst nur für den *Theil* x des Kolbenlaufs, für welchen die Spannung der hinter dem Kolben sich ausdehnenden Luft bis zu der Spannung 1 der Atmosphäre hinabgesunken ist, also nur bis zu

$$361. \quad x = (1+\mu)k;$$

denn es ist $\frac{x}{k} = \frac{1+\mu}{1}$. Es ist also in (334.) $(1+\mu)k$ statt λ zu setzen. Dieses giebt, $\overset{3}{M}_1 = \pi \mathcal{A}^2 \sigma[(1+\mu)k(\log\text{nat}(1+\mu)+1)-(1+\mu)k]$ oder

$$362. \quad \overset{3}{M}_1 = \pi \mathcal{A}^2 \sigma(1+\mu)k \log\text{nat}(1+\mu).$$

I. Zu diesem Moment kommt noch dasjenige für den übrigen Theil $\lambda-(1+\mu)k$ des Kolbenlaufs hinzu, bei welchem die Luft eine *geringere* Spannung als 1 hat.

Die auf den Kolben wirkende Kraft wird auch hier, ganz wie in (330.), durch

$$363. \quad p = \tfrac{1}{2}\pi \mathcal{A}^2 \sigma\left[(1+\mu)\frac{k}{x}-1\right]$$

ausgedrückt, also ist auch, eben wie in (332.),

364. $\overset{3}{M}_2 = \tfrac{1}{2}\pi \mathcal{A}^2 \sigma[(1+\mu)k \log\text{nat}\, x - x] + \text{Const.}$, für *einen* Cylinder. Nur ist dieses Moment nicht wie dort für $x = k$, sondern für $x = (1+\mu)k$ gleich Null und für $x = \lambda$ vollständig: also ist hier

$$\text{Const.} = \tfrac{1}{2}\pi \mathcal{A}^2 \sigma[(1+\mu)k-(1+\mu)k \log\text{nat}(1+\mu)k] \quad \text{und}$$

$$365. \quad \overset{3}{M}_2 = \pi \mathcal{A}^2 \sigma\left[(1+\mu)k \log\text{nat}\frac{\lambda}{(1+\mu)k}+(1+\mu)k-\lambda\right]$$

für *beide* Cylinder.

K. Dieses Moment, zu dem (362.) gethan, giebt.

$$366. \quad \overset{3}{M} = \overset{3}{M}_1 + \overset{3}{M}_2 = \pi \mathcal{A}^2 \sigma\left[(1+\mu)k \log\text{nat}\frac{\lambda}{k}+(1+\mu)k-\lambda\right]$$

$$= \pi \mathcal{A}^2 \sigma\left[(1+\mu)k\left(\log\text{nat}\frac{\lambda}{k}+1\right)-\lambda\right],$$

und hierin das für die der Spannung μ_1 entsprechende möglich-gröfste Wirkung eingerichtete $k = \frac{\lambda}{1+\mu_1}$ gesetzt, giebt

$$\overset{3}{M} = \pi \Delta^2 \sigma \left[\frac{1+\mu}{1+\mu_1} \lambda (\log \text{nat}(1+\mu_1)+1) - \lambda \right] \text{ oder}$$

$$367. \quad \overset{3}{M} = \frac{\pi \Delta^2 \lambda \sigma}{1+\mu_1} [(1+\mu)\log \text{nat}(1+\mu_1)+\mu-\mu_1].$$

L. Dieses ist *ganz derselbe* Ausdruck wie der (354.) für den ersten Fall $\mu > \mu_1$. Also ist auch hier, wie in (358.),

$$368. \quad \frac{\overset{3}{M}}{\overset{1}{M}} = \frac{1}{\mu}[(1+\mu)\log \text{nat}(1+\mu_1)+\mu-\mu_1].$$

Dieses giebt in dem obigen Beispiel (*F.*), wo $\mu_1 = 5$ angenommen wurde,

$$369. \quad \frac{\overset{3}{M}}{\overset{1}{M}} = \begin{matrix} \text{Für } \mu = 4 & 3 & 2 & 1 \\ 1{,}989 & 1{,}722 & 1{,}187 & -0{,}4166. \end{matrix}$$

Also ist auch hier wieder noch bei der *zweiten* Anordnung des Luftwagens Vortheil. Schon für $\mu = 1$ indessen giebt die Luft bei der zweiten Anordnung *gar keine* Triebkraft mehr, sondern $\overset{3}{M}$ (369.) ist negativ.

M. Da der Ausdruck des Moments der Wirkung der zusammengepreſsten Luft auf die Umdrehung der Kurbel in den beiden Fällen $\mu > \mu_1$ und $\mu < \mu_1$ zufolge (354. und 367.) völlig *derselbe* ist, so ist *allgemein*, für *jedes beliebige* μ,

$$370. \quad M = \frac{\pi \Delta^2 \lambda \sigma}{1+\mu_1} [(1+\mu)\log \text{nat}(1+\mu_1)+\mu-\mu_1]$$

das Moment der Wirkung auf die Kurbel der bis auf die Spannung $1+\mu$ zusammengepreſsten und auf die Länge $k = \frac{\lambda}{1+\mu_1}$ in die Cylinder eingelassenen Luft für *einen Umlauf der Triebräder*, und die dazu nöthige Luftmasse ist nach (355.)

$$371. \quad a = \pi \Delta^2 \lambda \frac{1+\mu}{1+\mu_1} \text{ C. F. von der Spannung 1 der Atmosphäre.}$$

Ehe diese Ausdrücke auf die Zugkraft für den fortzubewegenden Wagenzug angewendet werden, ist noch zu untersuchen, wie es sich verhalten werde, wenn die in die Cylinder hinter die Kolben tretende Luft nicht aus dem Behälter für die *zusammengepreſste* Luft, sondern aus der *Atmosphäre* genommen wird.

48.

A. Wird die in dem Cylinder den Raum AC (Fig. 19.) füllende Luft aus der *Atmosphäre* genommen, und tritt sie durch die Canäle 3 und 4, *eben* wie in dem Falle, wo *zusammengepreſste* Luft aus dem Behälter den Raum AC füllt, auch wieder *ins Freie* aus, was der in (§. 45. *E.*) beschriebene Fall ist, so ist gegen das Obige in (§. 47.) weiter kein Unterschied, als dafs hier die Spannung $1+\mu$ der in AC tretenden Luft $=1$, also $\mu=0$ ist. Der Ausdruck (370.) giebt also das Moment, wenn man darin $\mu=0$ setzt. Das Moment ist demnach

$$372. \qquad M = \frac{\pi \Delta^2 \lambda \sigma}{1+\mu_1}(\log\text{nat}(1+\mu_1)-\mu_1).$$

Dasselbe ist *immer negativ*, da für *jedes* $\mu_1>0$, $\log\text{nat}(1+\mu_1)<\mu_1$ ist. Also hat der Luftwagen für $\mu=0$ nicht eine fortziehende, sondern für *jedes* μ_1 eine *hemmende* Kraft.

B. Schnitte man den Zutritt der äufsern Luft in die Cylinder *ganz ab, verschlösse* also die Röhre V, liefse aber die Röhre X *offen*, nach (§. 45. *H.*), so würde hinter den Kolben *gar kein* Druck wirken, dagegen fortwährend *ihm entgegen* die Spannung der *Atmosphäre*. Auch hier wäre also kein Unterschied weiter gegen (§. 47.), als dafs jetzt $1+\mu=0$, folglich $\mu=-1$ ist. Daher giebt der Ausdruck (370.), wenn man darin $\mu=-1$ setzt, für *diesen* Fall

$$373. \qquad M = \frac{\pi \Delta^2 \lambda \sigma}{1+\mu_1}(-1-\mu_1) = -\pi \Delta^2 \lambda \sigma;$$

welches ebenfalls eine stets *hemmende* Kraft des Luftwagens ausdrückt.

C. Verschlösse man beide Röhren V und X nach (§. 45. *I.*), so würde den Kolben *gar* keine Kraft treiben, weder vor, noch zurück. Also wäre in diesem Fall das Moment

$$374. \qquad M = 0.$$

Der Luftwagen treibt in diesem Fall weder den Wagenzug fort, noch hemmt er ihn.

D. Liefse man endlich die äufsere Luft durch die Röhre V in die Cylinder *eintreten* und durch die Röhre X in einen verschlossenen Behälter vom Raum-Inhalt w *ausströmen*, so würde es sich auf eine ähnliche Weise wie in (§. 41.) verhalten. Dieser Fall wird am besten erst zu untersuchen sein, wenn die Anwendung des Obigen auf die Zugkraft vorhergegangen ist.

49.

A. Die zur Fortbewegung eines Wagenzuges vom Gewicht Q nöthige *Zugkraft* ist

375. $$Z = Q(n + \text{tang}\beta) \quad (103.).$$

Von dieser Kraft getrieben, durchläuft der Wagenzug bei jedem Umlauf der Triebräder des Luftwagens den Raum πD, also ist das *Moment* der Kraft Z,

376. $$= Z\pi D = Q\pi D(n + \text{tang}\beta).$$

Dieses Moment mufs dem M (370.) der Kraft des Luftwagens *gleich*, also

$$Z\pi D = Q\pi D(n + \text{tang}\beta) = \frac{\pi \Delta^2 \lambda \sigma}{1+\mu_1}[(1+\mu)\log\text{nat}(1+\mu_1) + \mu - \mu_1]$$

oder

377. $$zD = QD(n + \text{tang}\beta) = \frac{\Delta^2 \lambda \sigma}{1+\mu_1}[(1+\mu)\log\text{nat}(1+\mu_1) + \mu - \mu_1]$$

sein.

B. Es käme nun zunächst in (377.) auf die *Bestimmung* von μ_1 an, oder auf welchen *Theil* $k = \frac{\lambda}{1+\mu_1}$ (340.) des Kolbenlaufs man den Zutritt der Luft in die Cylinder abschneiden wolle, damit *gerade für diese Spannung* $1+\mu_1$ nach (§. 46. *G.*) die Wirkung der in die Cylinder eingelassenen zusammengepreſsten Luft ein *Maximum* sei.

Es ist keineswegs *nothwendig*, $k = \frac{\lambda}{1+\mu_1}$ gerade für die *stärkste* Luftspannung, welche fur den *stärksten* auf der Bahn vorkommenden Abhang nöthig sein mag, zu bestimmen: denn das Maximum der Wirkung ist doch immer nur für die *eine bestimmte* Spannung $1+\mu_1$ zu erreichen; für jede andere, stärkere oder schwächere Spannung findet *nicht* die möglich-gröfste Wirkung Statt. Es kommt nur darauf an, dafs in dem Behälter diejenige Spannung $1+\mu$ *vorhanden* sei, die für ein schon bestimmtes μ_1 und k nothwendig ist, um den *stärksten* vorkommenden Abhang zu ersteigen. Wollte man das Maximum der Wirkung *überhaupt* haben, worauf es eigentlich ankommt, so müfste man μ_1 und folglich k so bestimmen, dafs der *Gesammtbedarf* an Luft für die *ganze Fahrt*, nach den verschiedenen Abhängen der Bahn berechnet, ein *Minimum* sei.

Es kann also einstweilen μ_1 als nach andern Rücksichten schon bestimmt vorausgesetzt werden, und es kommt dann auf die nöthige Spannung $1+\mu$ für die *verschiedenen* Abhänge β an, um daraus den Gesammtbedarf an Luft für das einmal angenommene μ_1 zu finden.

C. Aus (377.) ergiebt sich

$$(1+\mu_1)QD(n+\operatorname{tang}\beta) = \Delta^2\lambda\sigma[(1+\mu)\log\text{nat}(1+\mu_1)+1+\mu-(1+\mu_1)]$$

oder

$$(1+\mu_1)[QD(n+\operatorname{tang}\beta)+\Delta^2\lambda\sigma] = (1+\mu)\Delta^2\lambda\sigma[\log\text{nat}(1+\mu_1)+1], \text{ also}$$

$$378.\quad (1+\mu) = (1+\mu_1)\frac{QD(n+\operatorname{tang}\beta)+\Delta^2\lambda\sigma}{\Delta^2\lambda\sigma(\log\text{nat}(1+\mu_1)+1)}$$

$$= \frac{1+\mu_1}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1}\left[1+\frac{QD(n+\operatorname{tang}\beta)}{\Delta^2\lambda\sigma}\right].$$

Wäre z. B., wie weiter oben, $Q = 1800.110$, $D = 5$ F., $\Delta = 1$ F., $\lambda = \frac{4}{3}$ F. und hätte man μ_1 wie in (§. 47. *G.*) $= 5$ gesetzt, so wäre, wenn z. B. der gröfste in der Bahn vorkommende Abhang $\operatorname{tang}\beta = \frac{1}{40} = 0{,}025$ betrüge, für diesen Abhang

$$379.\quad 1+\mu = \frac{6}{1{,}7917+1}\left[1+\frac{1800.110.5(0{,}004+0{,}025)}{1.\frac{4}{3}.18.110}\right]$$

$$= 25{,}5 \text{ Atmosphären für } \mu_1 = 5.$$

Betrüge der stärkste Abhang nur 1 auf 100, so wäre

$$380.\quad 1+\mu = 13{,}4 \text{ Atmosphären für } \mu_1 = 5.$$

D. Es giebt zwei Mittel, die für den *stärksten* Abhang nothwendige Luftspannung zu *vermindern*. Man kann entweder μ_1 anders annehmen, oder man kann Δ und λ, also die Cylinder, *gröfser* machen; denn auch durch das Letztere wird, wie aus (378.) zu sehen, $1+\mu$ *kleiner*.

E. Bei dem *Ersteren* käme es darauf an, für welches μ_1 der Factor $\frac{1+\mu_1}{\log(1+\mu_1)+1}$ in (378.) ein Minimum sei. Die erste und zweite Differentiation dieses Bruchs geben

$$381.\quad \frac{1}{\log(1+\mu_1)+1} - \frac{1}{(\log(1+\mu_1)+1)^2} = 0 \text{ und}$$

$$382.\quad -\frac{1}{(1+\mu)_1(\log(1+\mu_1)+1)^2} + \frac{2}{(1+\mu_1)(\log(1+\mu_1)+1)^3}$$

$$= \frac{2-(\log(1+\mu_1)+1)}{(1+\mu_1)(\log(1+\mu_1)+1)^3}.$$

Aus (381.) folgt $\log(1+\mu_1)+1-1=0$, also $\log(1+\mu_1)=0$ und $\mu_1=0$, und dies in (382.) gesetzt giebt $\frac{2-1}{1.1} = +1 =$ einer *positiven* Gröfse, so dafs also $\mu_1 = 0$ wirklich ein *Minimum* giebt. Man müfste also $k = \frac{\lambda}{1+0} = \lambda$ machen, das heifst, wie bei der *ersten* Art des Luftwagens, die zusammen-

gepreſste Luft auf die *ganze* Länge des Kolbenlaufs in die Cylinder eintreten lassen. Man würde indessen dadurch nicht viel gewinnen, denn alsdann wäre in (378.)

$$383.\quad 1+\mu = 1+\frac{QD(n+\operatorname{tang}\beta)}{\Delta^2\lambda\sigma},$$

und dies giebt in den beiden obigen Beispielen immer noch

$$384.\quad \begin{cases} 1.\ 1+\mu = 12{,}87 \text{ Atmosphären für } \beta = \frac{1}{40} \text{ und } \mu_1 = 0 \text{ und} \\ 2.\ 1+\mu = 4{,}2 \quad - \ - \ - \text{ für } \beta = \frac{1}{100} \text{ und } \mu_1 = 0; \end{cases}$$

dagegen aber ginge der Gewinn verloren, dafs für einen andern schwächeren Abhang die Wirkung ein *Maximum* sei.

F. Das *andere* Mittel, die Cylinder *gröfser* zu machen, ist daher das *bessere*. Vergröfsert man ihren Durchmesser und ihre Länge z. B. nur um den *vierten Theil* und giebt ihnen also 15 statt 12 Zoll Durchmesser und 20 statt 16 Zoll Länge, so beträgt sogleich nur nach (378.)

$$385.\quad \begin{cases} 1+\mu = 14{,}1 \text{ Atmosphären für } \beta = \frac{1}{40} \text{ und } \mu_1 = 0 \text{ und} \\ 1+\mu = 7{,}9 \quad - \ - \ - \text{ für } \beta = \frac{1}{100} \text{ und } \mu_1 = 5. \end{cases}$$

G. Die für eine Umdrehung der Triebräder nöthige *Luftmasse* ist nach (371. und 378.)

$$386.\quad a = \pi\Delta^2\lambda\frac{1+\mu_1}{1+\mu} = \pi.\frac{QD(n+\operatorname{tang}\beta)+\Delta^2\lambda\sigma}{\sigma(\log\text{nat}(1+\mu_1)+1)}$$

und für die Länge L der Bahn, also für $\frac{L}{\pi D}$ Umläufe der Triebräder,

$$387.\quad S = \frac{L}{D\sigma}.\frac{QD(n+\operatorname{tang}\beta)+\Delta^2\lambda\sigma}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1}$$
$$= \frac{L}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1}\left[\frac{Q}{\sigma}(n+\operatorname{tang}\beta)+\frac{\Delta^2\lambda}{D}\right].$$

Dieser Ausdruck geht für $\mu_1 = 0$, oder wenn man, wie bei der *ersten* Art des Luftwagens, die zusammengepreſste Luft auf die *ganze* Länge des Kolbenlaufes in die Cylinder treten läfst, wie gehörig in den für diesen Fall passenden Ausdruck (162.) über.

H. Aus (387.) folgt nun, dafs, welcher auch der Abhang β der Bahn sei, der Luftbedarf immer um so *kleiner* ist, je *gröfser* man μ_1, also je *kleiner* man k annimmt.

Das *gröfste* zuläfsliche μ_1 ist dasjenige μ, welches für den *stärksten* Abhang auf der Bahn, der durch β_m bezeichnet werden mag, nöthig ist. Dieses μ findet sich aus (378.) oder (377.), wenn man daselbst $\mu = \mu_1$ setzt.

Dies giebt z. B. in (377.) $QD(n+\text{tang}\,\beta_m) = \Delta^2\lambda\sigma\log\text{nat}(1+\mu_1)$, also

$$388.\quad \log\text{nat}(1+\mu_1) = \frac{QD(n+\text{tang}\,\beta_m)}{\Delta^2\lambda\sigma}.$$

Will man etwa statt der *natürlichen* Logarithmen die *Briggischen* in Rechnung bringen, so mufs man in (388.) rechterhand mit 0,4343 multipliciren, was

$$389.\quad \log\text{Brigg}(1+\mu_1) = 0{,}4343.\frac{QD(n+\text{tang}\,\beta_m)}{\Delta^2\lambda\sigma}$$

giebt.

Für das erste Beispiel in (*X.*) wäre nach (389.)

$$390.\quad \log\text{Brigg}(1+\mu_1) = 0{,}4343.\frac{1800\cdot 110\cdot 5(0{,}004+0{,}025)}{1\cdot\frac{1}{3}\cdot 18\cdot 110}$$
$$= 5{,}1573, \text{ also } 1+\mu_1 = 143650 \text{ Atmosphären.}$$

Ein solches Maximum ist natürlich nicht zu erreichen; kaum einmal wenn der stärkste Abhang nur gering wäre; z. B. wie auf der Potsdamer Bahn 1 auf 300 betrüge. Schon dann wäre nach (389.)

$$391.\quad \log\text{Brigg}(1+\mu_1) = 0{,}4343\cdot\frac{1800\cdot 110\cdot 5(0{,}004+0{,}0033\ldots.)}{1\cdot\frac{1}{3}\cdot 18\cdot 110}$$
$$= 1{,}1937821, \text{ also } 1+\mu_1 = 15{,}625 \text{ Atmosphären.}$$

I. Es bleibt daher nur übrig, $1+\mu_1$ *so grofs* anzunehmen, als es die *übrigen Verhältnisse* zulassen. Man kann $1+\mu_1$ so bestimmen, dafs, nachdem man den Cylindern eine angemessene Gröfse, und zwar nach (*C.*) die *möglich-gröfsten* Maafse gegeben hat, die für den stärksten Abhang β_m nöthige Spannung $1+\mu$, welche zum Unterschiede durch $1+\mu_m$ bezeichnet werden mag, *nicht zu grofs* sei. Für diese Bestimmung giebt (378), da

$$\log\text{nat}(1+\mu_1) = 2{,}3026\log\text{Brigg}(1+\mu_1) \text{ ist,}$$

$$392.\quad \frac{1+\mu_1}{1+2{,}3026\log\text{Brigg}(1+\mu_1)} = \frac{(1+\mu_m)\Delta^2\lambda\sigma}{QD(n+\text{tang}\,\beta_m)+\Delta^2\lambda\sigma} = \frac{1+\mu_1}{1+\log\text{nat}(1+\mu_1)};$$

woraus $1+\mu_1$ zu suchen ist, nachdem $1+\mu_m$, Δ und λ im Voraus bestimmt worden sind.

K. Aber es giebt für $1+\mu_m$, wenn man es im Voraus annehmen will, um vermittels (392.) μ_1 zu finden, eine *Grenze, unter* welcher sein Werth nicht liegen kann. Da nemlich in dem Ausdruck (378.) der *kleinste* Werth des Factors $\frac{1+\mu_1}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1}$ nach (*E.*) für $\mu_1 = 0$ Statt findet und 1 ist, für jedes gröfsere μ_1 also der Factor und folglich auch nach (378.) $1+\mu$ *gröfser* ist, so ist der möglich-*kleinste* Werth von $1+\mu$ in (378.)

$$393. \quad 1+\mu_m = 1+\frac{QD(n+\tang\beta_m)}{\Delta^2\lambda\sigma},$$

und *kleiner* darf $1+\mu_m$ für den stärksten Abhang β_m in (392.) rechts nicht angenommen werden, wenn man aus (392.) μ_1 für $k=\frac{\lambda}{1+\mu_1}$ sucht, sondern nur *gröfser*.

Da indessen μ_1 aus (392.) nur vermittels unendlicher Reihen oder durch Proben gefunden werden kann, so wird es in der Ausübung leichter sein, umgekehrt für μ_1 im Voraus einige Werthe anzunehmen und nach der Formel (378.), die für den gröfsten Abhang β_m

$$394. \quad 1+\mu_m = \frac{1+\mu_1}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1}\left[1+\frac{QD(n+\tang\beta_m)}{\Delta^2\lambda\sigma}\right]$$

giebt, und nach welcher sich leicht rechnen läfst, zu sehen, ob μ_m nicht zu grofs ausfalle.

L. Wenn man die zusammengeprefste Luft, wie bei der *ersten* Art des Luftwagens, während des *ganzen* Kolbenlaufs in die Cylinder treten läfst, so ist der Luftbedarf auf die Länge L einer Eisenbahn mit dem Abhange β, welcher Luftbedarf durch ${}^1S$ bezeichnet werden mag, nach (162.)

$$395. \quad {}^1S = L\left[\frac{Q}{\sigma}(n+\tang\beta)+\frac{\Delta^2\lambda}{D}\right].$$

Läfst man dagegen die Luft nur während des Theils $k=\frac{\lambda}{1+\mu_1}$ des Kolbenlaufs in die Cylinder treten, so ist der Luftbedarf, den ${}^kS$ bezeichnen mag, nach (387.)

$$396 \quad {}^kS = \frac{L}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1}\left[\frac{Q}{\sigma}(n+\tang\beta)+\frac{\Delta^2\lambda}{D}\right].$$

Also ist

$$397. \quad {}^kS = \frac{{}^1S}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1},$$

das heifst: der Luftbedarf ist im letztern Fall nur der $[\log\text{nat}(1+\mu_1)+1]$te *Theil* dessen im ersten Fall. Es ist

398.

Für $\mu_1=$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\log\text{nat}(1+\mu_1)+1 =$	1	1,693	2,097	2,386	2,609	2,792	2,946	3,079	3,197	3,302	3,398,
$\frac{1}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1} =$	1	0,5907	0,4768	0,4191	0,3833	0,3581	0,3394	0,3248	0,3128	0,3028	0,2943.

Hieraus erhellet, welche bedeutende Ersparung an Kraft die zweite Art des Luftwagens gegen die erste gewährt.

50.

A. Wenn bei der *ersten* Art von Luftwagen *keine* Zugkraft Z nöthig ist, nemlich wenn die Bahn um $\tang\beta = n = \frac{1}{150}$ *fällt*, kann man statt zusammengedrückter Luft aus dem Behälter die äufsere atmosphärische Luft in die Cylinder treten und sie aus denselben nicht in einen kleinen verschlossenen Behälter *w*, sondern ins Freie wieder ausströmen lassen; alsdann hat der Luftwagen weder *Zugkraft*, noch *Hemmkraft*. Sowohl der Wagenzug, als der Luftwagen selbst, rollen dann, blofs von der Kraft der Schwere getrieben, von selbst den Abhang hinab.

B. Nicht so verhält es sich unbedingt, wenn vor den Wagenzug auf dem Abhange $n = \frac{1}{150}$ ein Luftwagen *zweiter* Art gespannt ist. Nur dann würde es der Fall sein, wenn man nach (§. 45. *I.*) die Röhren V und X (Fig. 19.), so wie der Wagen an den Abhang $\tang\beta = n$ gelangt, augenblicklich *beide* verschlösse; welches in der Praxis mehr oder weniger Schwierigkeiten haben dürfte.

In der Regel wird nur die Röhre V, deren Verschlufshahn der Wagenführer ganz in der Gewalt hat, entweder der äufsern Luft geöffnet, oder auch ihr verschlossen werden können, die Röhre X aber wird offen bleiben müssen; das heifst, der Zutritt der Luft in die Cylinder wird entweder der atmosphärischen statt der zusammengedrückten Luft aus dem Behälter geöffnet, oder auch der Zutritt der Luft in die Cylinder wird ganz abgeschnitten werden können; der Austritt der Luft *vor* den Kolben dagegen wird offen bleiben.

C. In beiden Fällen hat der Luftwagen *zweiter* Art *unvermeidlich* eine *Hemmkraft*, deren Moment nach (372. und 373.) für einen Triebrad-Umlauf

$$399.\quad M = \frac{\pi\Delta^2\lambda\sigma}{1+\mu_1}(\log\text{nat}(1+\mu_1)-\mu_1) \text{ ist,}$$

wenn die Röhren V und X beide offen sind, und

$$400.\quad M = -\pi\Delta^2\lambda\sigma, \text{ wenn } V \text{ verschlossen und } X \text{ offen ist.}$$

Und da nun das Moment des Luftwagens *innen* dem Momente $Z\pi D = Q\pi D(n+\tang\beta)$ (376.) der Zugkraft gleich sein mufs, so folgt aus (399. und 400.)

$$401.\quad Q\pi D(n+\tang\beta) = \frac{\pi\Delta^2\lambda\sigma}{1+\mu_1}(\log\text{nat}(1+\mu_1)-\mu_1) \quad \text{und}$$

$$402.\quad Q\pi D(n+\tang\beta) = -\pi\Delta^2\lambda\sigma,$$

und daraus

403. $\tang\beta = \frac{\Delta^2\lambda\sigma}{(1+\mu_1)QD}[\log\text{nat}(1+\mu_1)-\mu_1]-n,$

wenn V und X beide offen sind und

404. $\tang\beta = -\frac{\Delta^2\lambda\sigma}{QD}-n,$ wenn V verschlossen und X offen ist.

Also nicht auf dem Abhange $\tang\beta = -n,$ sondern erst auf den durch (403. und 404.) ausgedrückten Abhängen rollt hier der Wagenzug, mit dem Luftwagen davor, von der Kraft der Schwere getrieben, frei hinab. In beiden Fällen wird weder dem Behälter zusammengeprefste Luft entzogen, noch in den Behälter w Luft eingepumpt.

In dem obigen Beispiele $Q = 1800.110$, $D = 5$, ist

405. $\begin{cases} 1. & \frac{\Delta^2\lambda\sigma}{QD} = \frac{(\frac{3}{4})^2\cdot 1\cdot 18\cdot 110}{1800\cdot 110\cdot 5} = 0{,}001125 \text{ für } \Delta = \frac{3}{4} \text{ und } \lambda = 1 \text{ und} \\ 2. & \frac{\Delta^2\lambda\sigma}{QD} = \frac{1^2\cdot\frac{1}{3}\cdot 18\cdot 110}{1800\cdot 110\cdot 5} = 0{,}00266 \text{ für } \Delta = 1 \text{ und } \lambda = \frac{1}{3}. \end{cases}$

Dieses giebt in (403. und 404.) z. B. für $\mu_1 = 5$:

406. $\left\{\begin{array}{ll} 1. & \tang\beta = 0{,}004613 \text{ für } \Delta = \frac{3}{4} \text{ und } \lambda = 1 \text{ und} \\ 2. & \tang\beta = 0{,}00543 \text{ für } \Delta = 1 \text{ und } \lambda = \frac{1}{3} \end{array}\right\},$

wenn V und X beide offen sind, und

407. $\left\{\begin{array}{ll} 1. & \tang\beta = 0{,}00511 \text{ für } \Delta = \frac{3}{4} \text{ und } \lambda = 1 \text{ und} \\ 2. & \tang\beta = 0{,}00666 \text{ für } \Delta = 1 \text{ und } \lambda = \frac{1}{3} \end{array}\right\},$

wenn V verschlossen und X offen ist.

Erst auf diesen Abhängen darf man der *zusammengepreſsten* Luft aus dem Behälter den Zutritt in die Cylinder verschliefsen. Für schwächere Abhänge ist immer noch *zusammengepreſste* Luft nöthig. Will man sie schon, wie bei der *ersten* Art des Luftwagens, auf dem Abhange $n = 0{,}004$ ersparen, so mufs man die Röhren V und X *beide* verschliefsen können.

So bedarf also zwar der Luftwagen *zweiter* Art noch *zusammengepreſster* Luft, wenn der Wagen *erster* Art ihrer schon entbehren kann; doch ist der Unterschied, wie man sieht, nicht grofs; und dagegen dient der *zweite* Luftwagen auch auf etwas stärkeren Abhängen sogleich zur *Hemmung;* in dem Fall (407. 2.) sogar noch auf dem Abhange $0{,}00666 = 1$ auf 150.

51.

Auf *stärkeren* Abhängen als die (403. und 404.) wird atmosphärische Luft in den Behälter B *eingepumpt;* aber hier nicht bei jedem Triebrad-

Umlauf so viel als 4 *ganze* Cylinder fassen, sondern nach (§. 45. *F.*) nur so viel als 4mal *den Raum AC* füllen, also $4\cdot\frac{1}{4}\pi\Delta^2 k=\frac{\pi\Delta^2\lambda}{\mu_1+1}$ (340.) Cub. F., mithin ist auf die Länge L, auf welche $\frac{L}{\pi D}$ Rad-Umläufe gehen,

408. $$S_3=-L\frac{\Delta^2\lambda}{(\mu_1+1)D}$$ C. F. atmosphärische Luft.

Dieser Ausdruck geht für $\mu_1=0$, wie gehörig, in den (171.) für die *erste* Art des Luftwagens über.

52.

A. Mit der zur Hervorbringung der Geschwindigkeit c der Fahrt beim Anfange derselben nöthigen Luftmasse verhält es sich ganz ähnlich, wie bei dem Luftwagen *erster* Art. Die Rechnungen in (§. 36.) bleiben bis zu (§. 36. *I.*) ganz dieselben wie dort; denn die dortigen Resultate gelten, wie in (§. 36. *H.*) bemerkt, eben sowohl, wenn der auf die Kolben wirkende Luftdruck p, wie hier, *veränderlich*, als wenn derselbe, wie dort, *constant* ist. Es ist also hier, wie dort in (202.),

409. $$\frac{c^2}{4g}=H_2=\frac{2LD}{\pi\lambda^2 L}(X_2-X_0-\tfrac{1}{2}\pi ZD),$$

wo X_0 und X_2 die Werthe des Integrals von $p\partial x$ für $x=0$ und $x=2r=\lambda$ bezeichnen, also nichts anderes als den Werth von $\frac{1}{2}M$ in (150. und 334.).

B. Der Unterschied ist nur, dafs in (§. 36.) nach (205.) $X_2-X_0=\frac{1}{2}\pi\Delta^2\lambda\mu\sigma$, hier nach (334.)

410. $$X_2-X_0=\tfrac{1}{2}M=\tfrac{1}{2}\pi\Delta^2\sigma\left[(1+\mu)k\left(\log\text{nat}\frac{\lambda}{k}+1\right)-\lambda\right]$$

ist. Es ist also statt (206. §. 36.) hier

411. $$\frac{c^2}{4g}=H_2=\frac{LD}{\lambda^2 Q}\left[\Delta^2\sigma\left((1+\mu)k\left(\log\text{nat}\frac{\lambda}{k}+1\right)-\lambda\right)-ZD\right].$$

C. Bei jedem Umlauf der Triebräder werden hier nicht, wie bei dem Luftwagen erster Art, nach (§. 36. *K.*) vier *ganze* Cylinder voll, sondern nur $4.\frac{1}{4}\pi\Delta^2 k=\pi\Delta^2 k$ Cub. F. Luft von der Spannung $1+\mu$, also nur $\pi(1+\mu)\Delta^2 k$ C. F. atmosphärische Luft verbraucht. Dieses thut für $m=\frac{L}{\pi D}$ Umläufe, also für die Länge L,

412. $$S_4=\frac{L}{\pi D}(1+\mu)\pi\Delta^2 k=\frac{L\Delta^2 k}{D}(1+\mu)$$ C. F. atmosphärische Luft.

D. Aus (411.) folgt

$$413.\quad L = \frac{c^2}{4g}\cdot\frac{\lambda^2 Q}{D\left[\Delta^2\sigma\left((1+\mu)k\left(\log\text{nat}\frac{\lambda}{k}+1\right)-\lambda\right)-ZD\right]}.$$

Dies, in (412.) gesetzt, giebt

$$414.\quad S_4 = \frac{c^2}{4g}\cdot\frac{\lambda^2\Delta^2 Q k(1+\mu)}{D^2\left[\left((1+\mu)k\left(\log\text{nat}\frac{\lambda}{k}+1\right)-\lambda\right)\Delta^2\sigma-ZD\right]}.$$

In diesem Ausdruck, der für $k=\lambda$ wie gehörig in (209.) übergeht, ist Z die Zugkraft, welche *gerade an der Stelle* der Bahn nöthig ist, wo die Geschwindigkeit c hervorgebracht werden soll, und μ ist die volle Spannung der Luft in dem grofsen Behälter, also diejenige μ_m, welche für den *stärksten* Abhang β_m der Bahn nöthig ist.

E. Ist k so bestimmt worden, dafs die Maschine für die Spannung μ_1 die gröfste Wirkung hat, so mufs nach (340. oder 353.)

$$415.\quad k = \frac{\lambda}{1+\mu_1}$$

sein; also giebt (414.)

$$416.\quad S_4 = \frac{c^2}{4g}:\frac{\lambda^2\Delta^2 Q\cdot\frac{1+\mu_m}{1+\mu_1}}{D^2\left[\left(\frac{1+\mu_m}{1+\mu_1}\lambda(\log\text{nat}(1+\mu_1)+1)-\lambda\right)\Delta^2\sigma-ZD\right]}.$$

Nun ist nach (292.)

$$417.\quad \frac{1+\mu_m}{1+\mu_1} = \frac{QD(n+\text{tang}\beta_m)+\Delta^2\lambda\sigma}{\Delta^2\lambda\sigma(\log\text{nat}(1+\mu_1)+1)},$$

also ist in (416.)

$$S_4 = \frac{c^2}{4g}\cdot\frac{\lambda^2\Delta^2 Q\frac{QD(n+\text{tang}\beta_m)+\Delta^2\lambda\sigma}{\Delta^2\lambda\sigma(\log\text{nat}(1+\mu_1)+1)}}{D^2[QD(n+\text{tang}\beta_m)+\Delta^2\lambda\sigma-\Delta^2\lambda\sigma-ZD]}\quad\text{oder}$$

$$418.\quad S_4 = \frac{c^2}{4g}\cdot\frac{Q\lambda^2(QD(n+\text{tang}\beta_m)+\Delta^2\lambda\sigma)}{D^2\sigma(Q(n\,\text{tang}\beta_m)-Z)(\Delta\log\text{nat}(1+\mu_1)+1)}.$$

Bezeichnet man den Abhang, an der Stelle, wo die Geschwindigkeit c hervorgebracht werden soll, durch β_2, so ist:

$$419.\quad Z = Q(n+\text{tang}\beta_2)\quad(103.)$$

und dies, in (418.) gesetzt, giebt

$$420.\quad S_4 = \frac{c^2}{4g}\cdot\frac{\lambda^2(QD(n+\text{tang}\beta_m)+\Delta^2\lambda\sigma)}{D^2\sigma(\text{tang}\beta_m-\text{tang}\beta_2)(\log\text{nat}(1+\mu_1)+1)}.$$

Dieses geht für $\mu_1=0$ oder $k=\lambda$ (415.) wie gehörig in (215.) über. Das

gegenwärtige S_4 ist das $\frac{1}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1}$ fache desjenigen (215.) für die *erste* Art von Luftwagen: also auch hier ist die *zweite* Art vortheilhafter, als die erste.

c. Wirkung des Einpumpens der Luft auf starken Abhängen auf das Hemmen.

53.

A. Die Rechnungen sind im wesentlichen auch hier dieselben wie die (§. 42.) bei der *ersten* Art von Luftwagen; nur mit dem Unterschiede, dafs hier bei jedem Umlaufe der Triebräder nicht wie dort 4 Cylinder voll atmosphärische Luft, sondern nach (§. 45. *F.*) nur so viel atmosphärische Luft als 4mal den Raum AC (Fig. 19.) füllt, also statt $4.\frac{1}{4}\pi\Delta^2\lambda$ (§. 42. *C.*) nur $4.\frac{1}{4}\pi\Delta^2 k = \pi\Delta^2 k$ atmosphärische Luft in den Behälter B eingepumpt wird. Man kann daher annehmen, dafs sich nach m Umläufen der Triebräder und nachdem bei dem $m+1$ten Umlaufe der eine Kolben noch den Raum u_1, der andere den Raum u_2 (269. und 270.) durchlaufen hat, nicht nach (274.) $(1+\nu)B+\frac{1}{4}\pi\Delta^2(4m\lambda+u_1+u_2)$, sondern nur

$$421. \quad (1+\nu)B+\tfrac{1}{4}\pi\Delta^2\left(4mk+(u_1+u_2)\frac{k}{\lambda}\right)$$

Cub. F. atmosphärische Luft in den Behälter befinden; denn die den Raum $AC=\frac{1}{4}\pi\Delta^2 k$ füllende atmosphärische Luft ist hier in den Raum $AD=\frac{1}{4}\pi\Delta^2\lambda$ ausgedehnt und hat also nur die Dichtigkeit $\frac{k}{\lambda}$.

B. Daraus folgt, wie in (§. 42. *D.*), dafs die Spannung der Luft im Behälter B,

$$\frac{(1+\nu)B+\frac{1}{4}\pi\Delta^2\left(4mk+(u_1+u_2)\frac{k}{\lambda}\right)}{B}=1+\nu+\frac{\frac{1}{4}\pi\Delta^2 k}{\lambda B}(4m\lambda+u_1+u_2)$$

ist, welcher die Spannung 1 der Atmosphäre entgegenwirkt, so dafs also der Druck auf die Kolben statt (275.) hier

$$422. \quad p = \frac{\pi^2\Delta^4\sigma}{8B}.\frac{k}{\lambda}(4m\lambda+u_1+u_2)+\tfrac{1}{4}\nu\pi\Delta^2\sigma$$

gesetzt werden mufs.

C. Übrigens ist hier, ganz wie in (267.),

$$423. \quad -2(X_2-X_0)-\pi ZD = \frac{Q}{4g}(v_1^2-v_0^2),$$

wo X das Integral von $p\partial x$ bezeichnet.

Es ändert sich also an den Resultaten in §. 42. weiter nichts, als dafs, aufser Z und $\frac{1}{2}\nu\pi\Delta^2\sigma$, Alles mit $\frac{k}{\lambda}$, welches, wenn k für die Luftspannung μ_1 bestimmt worden ist, nach (340.)

$$424. \quad \frac{k}{\lambda} = \frac{1}{1+\mu_1}$$

ausmacht, *multiplicirt* werden mufs.

D. Es ist demnach statt (299.) hier

$$425. \quad \frac{Q}{4g}(v_0^2 - v_m^2) = L\left[\Delta^2\sigma\frac{2(L-\pi D)\lambda^2 + c\pi D}{4(1+\mu_1)BD^2} + Z + \frac{\nu\Delta^2\lambda\sigma}{2D}\right]$$

und statt (303.)

$$426. \quad \frac{Q}{4g}(v_0^2 - v_m^2) = L\left(Z + \frac{\Delta^4\lambda^2\sigma L}{2(1+\mu_1)BD^2} + \frac{\nu\Delta^2\lambda\sigma}{2D}\right).$$

Statt (307. und 308.) ist hier

$$427. \quad (1+\mu_1)QBD^2(v_0^2 - v_m^2 - 4gL(n+\tang\beta)) = 2L\Delta^4\sigma g[(L-\pi D)\lambda^2 + \tfrac{1}{2}c\pi D + 2(1+\mu_1)BD\nu\Delta^2\lambda\sigma] \text{ und}$$

$$428. \quad (1+\mu_1)QBD^2(v_0^2 - v_m^2 - 4gL(n+\tang\beta)) = 2gL\Delta^2\lambda\sigma(L\Delta^2\lambda + (1+\mu_1)\nu BD).$$

Statt (309.) ist hier

$$429. \quad v_m^2 = v_0^2 - 4gL(n+\tang\beta) - \frac{2gL\Delta^2\lambda\sigma(L\Delta^2\lambda + (1+\mu_1)\nu BD)}{(1+\mu_1)D^2BQ}.$$

Statt (310. 311. und 312.) ist

$$430. \quad B = \frac{2gL^2\Delta^4\lambda^2\sigma}{(1+\mu_1)D(DQ(v_0^2 - v_m^2 - 4gL(n+\tang\beta)) - 2gL\Delta^2\lambda\nu\sigma)} \text{ und}$$

$$431. \quad B = -\frac{L\Delta^4\lambda^2\sigma}{D(1+\mu_1)(2(n+\tang\beta)DQ + \Delta^2\lambda\nu\sigma)} \quad \text{für } v_m = v_0,$$

$$432. \quad B = \frac{2gL^2\Delta^4\lambda^2\sigma}{(1+\mu_2)D(DQ(v_0^2 - 4gL(n+\tang\beta)) - 2gL\Delta^2\lambda\nu\sigma)} \quad \text{für } v_m = 0.$$

Statt (313. 314. und 315.) ist hier

$$433. \quad L = -\frac{(1+\mu_1)BD}{\Delta^4\lambda^2\sigma}\left[QD(n+\tang\beta) + \tfrac{1}{2}\Delta^2\nu\sigma \pm \sqrt{\left((QD(n+\tang\beta) + \tfrac{1}{2}\Delta^2\lambda\nu\sigma)^2 + (v_0^2 - v_m^2)\frac{Q\Delta^4\lambda^2\sigma}{2g(1+\mu_1)B}\right)}\right],$$

$$434. \quad L = -\frac{2(1+\mu_1)BD}{\Delta^4\lambda^2\sigma}(QD(n+\tang\beta) + \tfrac{1}{2}\Delta^2\lambda\nu\sigma) \quad \text{für } v_m = v_0,$$

$$435. \quad L = -\frac{(1+\mu_1)BD}{\Delta^4\lambda\sigma}\left[QD(n+\tang\beta) + \tfrac{1}{2}\Delta^2\lambda\nu\sigma \pm \sqrt{\left((QD(n+\tang\beta) + \tfrac{1}{2}\Delta^2\lambda\nu\sigma)^2 + v_0^2\frac{Q\Delta^4\lambda^2\sigma}{2g(1+\mu_1)B}\right)}\right] \quad \text{für } v_m = 0.$$

E. Die Spannung s, über die der Atmosphäre hinaus, auf welche die Luft im Hemmbehälter zusammengepreſst wird, ist nach m Umläufen der Kurbel nach (*A.* und *B.*) hier

436. $$s = \frac{m\pi\Delta^2 k}{B} + \nu = \frac{L}{\pi D}\cdot\frac{\pi\Delta^2\lambda}{(1+\mu_1)B} + \nu \text{ (298. u. 340.)} = \frac{L\Delta^2\lambda}{(1+\mu_1)DB} + \nu,$$

und hierin die Ausdrücke von B (430. 431. und 432.) gesetzt, giebt ähnliche Werthe von s wie die (317. 318. und 319.).

d. Übersicht der Resultate für die zweite Art von Luftwagen.

54.

A. Für *alle* Abhänge der Bahn, die *nicht kleiner sind* als

437. $$\tang\beta = \frac{\Delta^2\lambda\sigma}{(1+\mu_1)QD}[\log\text{nat}(1+\mu_1) - \mu_1] - n,$$

wenn die Röhren V und X (§. 19.) beide offen sein sollen (403.) und

438. $\tang\beta = -\frac{\Delta^2\lambda\sigma}{QD} - n$, wenn V verschlossen und X offen sein soll (404.)

und die *immer* kleiner sind als $-n$, ist *zusammengepreſste Luft* aus dem groſsen Behälter zum Forttreiben des Wagenzuges nöthig, und zwar nach (397. und 398.) nur

439. $$\frac{1}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1} =$$

Für $\mu =$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1,	0,5907,	0,4768,	0,4191,	0,3833,	0,3581,	0,3394,	0,3248,	0,3128,	0,3028,	0,2943

mal so viel, als für die *erste* Art von Luftwagen, nemlich

440. $$S_1 = \frac{L}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1}\left[\frac{Q}{\sigma}(n+\tang\beta)+\frac{\Delta^2\lambda}{D}\right]$$ C. F. atmosphärische Luft (387.).

B. Auf den Abhängen (437. und 438.) rollt der Wagenzug nebst dem Luftwagen blofs von der Kraft der Schwere getrieben den Abhang hinab. Man wird dies natürlich schon auf dem *schwächsten* der beiden Abhänge geschehen lassen, um so bald als möglich *zusammengepreſste* Luft zu sparen. Der *schwächste* von den beiden Abhängen ist der (437.), weil $\frac{\log\text{nat}(1+\mu_1)-\mu_1}{1+\mu_1}$ für *jedes* $\mu_1 > 0$ kleiner als 1 ist. Man wird also, sobald ein solcher Abhang vorkommt, die Röhren V und X beide öffnen, und dann ist der Luftbedarf aus dem groſsen Behälter für solche Abhänge

441. $$S_2 = 0.$$

C. Auf ***stärkeren*** Abhängen als (437. oder 438.) können auf die Länge L nach (408.)

$$442. \quad S_3 = -L \cdot \frac{\Delta^2 \lambda}{(1+\mu_1)D} \text{ C. F. atmosphärische Luft}$$

in einen ***Hemmbehälter eingepumpt*** werden.

D. Zur ***Hervorbringung*** einer bestimmten Geschwindigkeit c beim Anfange der Bewegung sind, wenn man dazu diejenige Spannung der zusammengepreſsten Luft anwendet, die zur Ersteigung des ***stärksten*** Abhanges β_m der Bahn nöthig ist, nach (420.)

$$443. \quad S_4 = \frac{c^2}{4g} \cdot \frac{\lambda^2 (QD(n+\tang\beta_m)+\Delta^2\lambda\sigma)}{D^3\sigma(\tang\beta_m-\tang\beta_2)(\log\text{nat}(1+\mu_1)+1)} \text{ Cub. F.}$$

atmosphärische Luft nothwendig, und zwar ebenfalls $\frac{1}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1}$ (439.) mal so viel, als bei Luftwagen ***erster*** Art. In (443.) bezeichnet β_2 den Abhang an der Stelle, wo die Geschwindigkeit c hervorgebracht werden soll.

E. Die Wirkung des Hemmbehälters auf das Hemmen geben die Formeln (425. bis 436.) an.

F. Die angemessene Gröfse des willkürlichen μ_1, nach welcher

$$444. \quad k = \frac{\lambda}{1+\mu_1} \quad (340.)$$

zu bestimmen ist, läfst sich am leichtesten mittels des Ausdrucks

$$445. \quad 1+\mu_m = \frac{1+\mu_1}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1}\left[1+\frac{QD(n+\tang\beta_m)}{\Delta^2\lambda\sigma}\right] \quad (394.)$$

finden, wenn man darin μ_1 so annimmt, dafs die zum Ersteigen des ***stärksten*** Abhanges β_m nöthige Spannung $1+\mu_m$ ***nicht zu grofs*** wird. Für (445.) ist

$$446. \quad \frac{1+\mu_1}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1} =$$

Für $\mu_1 =$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	1,1814	1,4304	1,6764	1,9165	2,1486	2,3758	2,5984	2,8152	3,0280	3,2373.

G. Da sowohl S_1 (440.) als S_4 (443.) für Luftwagen von der ***zweiten*** Art $\frac{1}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1}$ mal so viel beträgt, als für Luftwagen ***erster*** Art, so ist auf Eisenbahnen, auf welchen keine ***stärkeren*** Abhänge als $\tang\beta$ (437. 438.) vorkommen, die allein eine Ausnahme machen, der Bedarf an Luft ***überhaupt*** gerade $\frac{1}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1}$ mal so grofs für Luftwagen ***zweiter***, als für Luftwagen ***erster*** Art.

Jenes ist bei der in (§. 37. *D.*) zum Beispiel genommenen Eisenbahn zwischen Berlin und Potsdam der Fall; also kann man die auf derselben für Luftwagen *zweiter* Art nöthige Luftmasse unmittelbar aus dem dort berechneten Bedarf für Luftwagen *erster* Art finden, wenn man denselben mit $\frac{1}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1}$ multiplicirt.

Es kommt dann zunächst auf die schickliche Bestimmung von μ_1 an.

a. Es ist dort angenommen

447. $Q = 1800 \cdot 110$ Pfd., $\Delta = \frac{3}{4}$ F., $\lambda = 1$ F., $D = 5$ F.

und der stärkste Abhang auf der Bahn ist $\text{tang}\beta_m = 0{,}00333\ldots$. Dieses giebt für (445.)

448. $$1+\frac{QD(n+\text{tang}\beta_m)}{\Delta^2\lambda\sigma} = 1+\frac{5\cdot 1800\cdot 110\cdot 0{,}00733\ldots}{(\frac{3}{4})^2\cdot 1\cdot 18\cdot 110} = 7{,}518.$$

Daraus folgt nach (445. und 446.)

449.
	Für $\mu_1 = 0$	1	2	3	4
$1+\mu_m =$	7,518	8,878	10,753	12,600	14,404,
also $\mu_m =$	6,518	7,878	9,753	11,600	13,404.

Will man demnach der Luft in dem grofsen Behälter eine Spannung von etwa 10 Atmosphären Überschufs über die Spannung der äufsern Luft geben, so mufs man

450. $$\mu_1 = 2, \quad \text{also} \quad k = \frac{\lambda}{1+\mu_1} = \frac{1}{3}\lambda = 4 \text{ Zoll}$$

annehmen.

Für dieses $\mu_1 = 2$ ist dann nach (439.) $\frac{1}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1} = 0{,}4768$ und es ist also der in (§. 37. *D.*) berechnete Luftbedarf mit 0,4768 zu multipliciren. Dieses giebt an Bedarf für Luftwagen *zweiter* Art *noch nicht die Hälfte* dessen für Luftwagen *erster* Art (222.), und zwar

451.
1. 20 956 C. F. atmosphärische Luft für die Fahrt von Berlin nach Potsdam und
2. 20 289 C. F. für die Fahrt von Potsdam nach Berlin.

Aus diesem Beispiele zeigt sich, um wieviel vortheilhafter die Luftwagen *zweiter* Art gegen die *erster* Art sind.

b. Der Gewinn ist etwas geringer, wenn man die Cylinder *gröfser* macht. Setzt man z. B.

452. $$\Delta = 1, \quad \lambda = 1\frac{1}{3} \text{ F.},$$

so ist

453. $$1+\frac{QD(n+\text{tang}\beta_1)}{\Delta^2\lambda\sigma} = 1+\frac{5\cdot 1800\cdot 110\cdot 0{,}00733\ldots}{1\cdot\frac{4}{3}\cdot 18\cdot 110} = 3{,}75.$$

Dieses giebt in (445. und 446.)

454.
Für $\mu_1 =$	0	1	2	3	4	5	6
$1+\mu_m =$	3,75	4,424	5,364	6,286	7,187	8,057	8,909,
also $\mu_m =$	2,75	3,424	4,364	5,286	6,187	7,057	7,909.

Will man auch nur

$$455. \quad \mu_1 = 3, \quad \text{also} \quad k = \frac{\lambda}{1+\mu_1} = \tfrac{1}{4}\lambda = 4 \text{ Zoll}$$

setzen, so braucht man nur noch die Luft in dem grofsen Behälter bis auf die Spannung 5,286 Überschufs über die äufsere Luft zusammenzupressen und der Luftbedarf ist alsdann nach (439.) nur 0,4191mal der in (222.), welcher hier wegen des gröfsern Δ und λ resp. 57 246 und 55 846 C. F. beträgt, also

456.
1. 23 992 C. F. atmosphärische Luft für die Fahrt von Berlin nach Potsdam und
2. 23 405 C. F. für die Fahrt von Potsdam nach Berlin.

e. Von den vortheilhaftesten Gefällen der Bahn für Luftwagen zweiter Art.

55.

A. Ganz Dasselbe, was wegen der *Gefälle* der Bahn bei der *ersten* Art von Luftwagen in (§. 38.) bemerkt worden, findet auch bei der *zweiten* Statt; nur mit dem Unterschiede, dafs der Abhang $\tang\beta$, auf welchem der Wagenzug blofs von der Schwere getrieben hinabzurollen anfängt und also keiner zusammengepreften Luft aus dem grofsen Behälter bedarf, hier nicht $= -n$, sondern einer der durch (437. und 438.) ausgedrückten Winkel ist, welcher durch β_0 bezeichnet werden mag.

B. Behält man die Bezeichnungen (227. und 228.) bei und setzt noch der Kürze wegen

$$457. \quad \frac{1}{\log\text{nat}(1+\mu_1)+1} = \delta \text{ und}$$

$$458. \quad \mu_1 - \log\text{nat}(1+\mu_1) = \tau,$$

so ist aus (§. 54.)

$$459. \quad \tang\beta_0 = -\frac{\eta\tau}{k_1(1+\mu_1)} - n \text{ (437.)},$$

wenn die Röhren V und X beide offen sind, und

$$460. \quad \tang\beta_0 = -\frac{\eta}{k_1} - n \text{ (438.)},$$

wenn V verschlossen und X offen sein soll; ferner

$$461. \quad S_1 = L\delta(k_1(n+\tang\beta)+\eta) \text{ (440.)}$$

der Luftbedarf, wenn $\beta > \beta_0$ ist,

462. $S_2 = 0$ für $\beta = \beta_0$ (441.) und

463. $S_3 = -\frac{L\eta}{1+\mu_1}$ (442.) für $\beta < \beta_0$.

Nach diesen Formeln kann man wieder wie in (§. 39. und 40.) verfahren. Der Kürze wegen werde, wie immer, blofs β statt tangβ geschrieben.

56.

Wir wollen, um den Raum zu sparen, nur wie in (§. 39.) den Fall erwägen, wo die Höhe h mit dem *unveränderlichen* Gefälle β zu ersteigen ist, und die Untersuchung der zweiten Frage, (§. 40.), ob und inwiefern es besser sei, einen Abhang mit einem *constanten*, oder mit *zwei verschiedenen* Gefällen zu ersteigen, den Lesern überlassen.

A. Statt (232.) ist hier

464.
1. $A = L\delta(\eta + nk_1)$ (461.) und $B = L\delta(\eta + nk_2)$ (461.) für $\beta = 0$,
2. $A = L\delta(\eta + (n+\beta)k_1)$ (461.) und $B = L\delta(\eta + (n-\beta)k_2)$ (461.) für $\beta < \beta_0$,
3. $A = L\delta(\eta + (n+\beta_0)k_1)$ (461.) und $B = 0$ (462.) für $\beta = \beta_0$,
4. $A = L\delta(\eta + (n+\beta)k_1)$ (461.) und $B = -\frac{L\eta}{1+\mu_1}$ (463.) für $\beta > \beta_0$.

Dies giebt, wegen $A + B = C$ (229.),

465.
1. $C = L\delta(2\eta + n(k_1+k_2))$ für $\beta = 0$,
2. $C = L\delta(2\eta + n(k_1+k_2) + \beta(k_1-k_2))$ für $\beta < \beta_0$,
3. $C = L\delta(\eta + (n+\beta_0)k_1)$ für $\beta = \beta_0$,
4. $C = L\delta\left(\eta\left(1 - \frac{1}{(1+\mu_1)\delta}\right) + (n+\beta)k_1\right)$ für $\beta > \beta_0$.

B. Die Werthe von β_0 sind hier *positiv* zu nehmen, so dafs

466.
1. $n + \beta_0 = 2n + \frac{\eta\tau}{k_1(1+\mu_1)}$ aus (459.) und
2. $n + \beta_0 = 2n + \frac{\eta}{k_1}$ aus (460.) ist.

Das Erste giebt in (465. 3.)

467. $\eta + (n+\beta_0)k_1 = \eta + 2nk_1 + \frac{\eta\tau}{1+\mu_1} = \eta\left(1 + \frac{\tau}{1+\mu_1}\right) + 2nk_1$.

Das Zweite giebt

468. $\eta + (n+\beta_0)k_1 = \eta + 2nk_1 + \eta = 2(\eta + nk_1)$.

In (465. 4.) ist

469. $1 - \frac{1}{(1+\mu_1)\delta} = 1 - \frac{\text{log nat}(1+\mu_1)+1}{1+\mu_1} = \frac{\tau}{1+\mu_1}$ (458.),

also erhält man in (465.)

$$470.\quad \begin{cases} 1.\ C = L\delta(2\eta + n(k_1+k_2)) & \text{für } \beta = 0, \\ 2.\ C = L\delta(2\eta + n(k_1+k_2) + \beta(k_1-k_2)) & \text{für } \beta < \beta_0, \\ 3.\ \begin{cases} C = L\delta\left(\eta\left(1+\frac{\tau}{1+\mu_1}\right)+2nk_1\right) & \text{für } \beta = \beta_0, \text{ wenn beide Röhren offen sind,} \\ C = 2L\delta(\eta + nk_1) & \text{für } \beta = \beta_0, \text{ wenn } V \text{ verschlossen und } X \text{ offen ist,} \end{cases} \\ 4.\ C = L\delta\left(\frac{\eta\tau}{1+\mu_1} + (n+\beta)k_1\right) & \text{für } \beta > \beta_0. \end{cases}$$

C. Ist *Erstlich* die Rückfracht der Hinfracht *gleich*, also $k_2 = k_1$, so giebt (470.)

$$471.\quad \begin{cases} 1.\ C = 2L\delta(\eta + nk_1) & \text{für } \beta = 0, \\ 2.\ C = 2L\delta(\eta + nk_1) & \text{für } \beta < \beta_0, \\ 3.\ \begin{cases} C = L\delta\left(\eta\left(1+\frac{\tau}{1+\mu_1}\right)+2nk_1\right) & \text{für } \beta = \beta_0, \text{ wenn beide Röhren offen sind,} \\ C = 2L\delta(\eta + nk_1) & \text{für } \beta = \beta_0, \text{ wenn } V \text{ verschlossen und } X \text{ offen ist,} \end{cases} \\ 4.\ C = L\delta\left(\frac{\eta\tau}{1+\mu_1} + (n+\beta)k_1\right) & \text{für } \beta > \beta_0. \end{cases}$$

D. Fahren *Zweitens bergab* nur *leere* Wagen, in welchem Fall $k_2 = \frac{1}{3}k_1$ gesetzt werden kann (236.), so giebt (470.)

$$472.\quad \begin{cases} 1.\ C = 2L\delta(\eta + \frac{2}{3}nk_1) & \text{für } \beta = 0, \\ 2.\ C = 2L\delta(\eta + \frac{1}{3}k_1(2n+\beta_1)) & \text{für } \beta < \beta_0, \\ 3.\ \begin{cases} C = L\delta\left(\eta\left(1+\frac{\tau}{1+\mu_1}\right)+2nk_1\right) & \text{für } \beta = \beta_0, \text{ wenn beide Röhren offen sind,} \\ C = 2L\delta(\eta + nk_1) & \text{für } \beta = \beta_0, \text{ wenn } V \text{ verschlossen und } X \text{ offen ist,} \end{cases} \\ 4.\ C = L\delta\left(\frac{\eta\tau}{1+\mu_1} + (n+\beta)k_1\right) & \text{für } \beta > \beta_0. \end{cases}$$

E. Hieraus ergeben sich wieder ähnliche Folgerungen, wie in (§. 39.).

Aus (471. 1. 2. und 3.) ergiebt sich zum Beispiel, dafs, wenn Hin- und Rückfracht gleich sind, der Luftbedarf ganz *derselbe* ist, die Bahn mag *horizontal* liegen, oder einen Abhang $\beta = \beta_0$ haben: ja selbst, wenn man die Röhre V verschliefst und nur X offen läfst, einen Abhang $\beta = \beta_0$, der schon recht ansehnlich sein, z. B. nach (407. 2.) bis zu 0,00666 oder 1 auf 150 be-

tragen kann; so dafs sich also z. B. eine Anhöhe von 20 F., wenn dazu 3000 F. oder 250 R. Länge vorhanden sind, *ohne* Einschnitt ersteigen läfst.

Ähnliches wird man finden, wenn man die zweite Frage wie in (§. 40.) untersucht. Und überhaupt wird sich ergeben, dafs im Allgemeinen auch für die *Gefälle* der Bahn die *zweite* Art von Luftwagen vortheilhafter ist, als die erste.

XIV. Vom Eingreifen der Luftwagen, so wie der Dampfwagen, auf die Bahnschienen und von dem diesen Zugmaschinen nöthigen Gewicht.

57.

Dieser Gegenstand ist noch zu besprechen, ehe wir zu der Anwendung des Vorherigen, die Zugmaschinen Betreffenden, auf die beiden Eisenbahn-Arten No. IV. und V. §. 4. übergehen.

A. Der Betrag des *Eingreifens* der Triebräder der Zugmaschine darf *nicht kleiner* sein als die zur Fortbringung der Last Q auf der Bahn nöthige *Zugkraft*

$$473. \quad Z = Q(n + \tang\beta) \text{ (103.)}.$$

Jedenfalls ist das Eingreifen oder die *Reibung* der Triebräder auf die Schienen ein *gewisser Theil* des auf den Triebrädern ruhenden Gewichts; wenigstens insofern, dafs es in *demselben* Verhältnifs gröfser oder kleiner ist, als dieses Gewicht. Also hängt von dem *Gewicht* der Zugmaschine (von welchem man entweder nur denjenigen *Theil*, der insbesondere auf den Triebrädern ruht, oder durch Kuppelung der andern Räder der Maschine an die Triebräder auch den *ganzen* Betrag zu der Reibung benutzen kann) die Last Q ab, welche sich durch die Maschine, möge sie durch die Elasticität des Wasserdampfs oder zusammengepreifster Luft in Bewegung gesetzt werden, fortschaffen läfst.

Bezeichnet man durch P Das, was man von dem Gewicht der Zugmaschine zum Eingreifen der Triebräder auf die Schienen benutzen will, wo also P *nicht gröfser* sein kann, als das Gewicht der *ganzen* Maschine, wohl aber kleiner, und durch mP den *Theil* von P, welcher die dadurch auf den Schienen hervorgebrachte Reibung ist, so mufs *mindestens*

$$474. \quad mP = Z = Q(n + \tang\beta)$$

sein und es kann also Q *nicht gröfser* sein als

$$475. \quad Q = \frac{mP}{n + \tang\beta};$$

wo P seinerseits *nicht gröfser* sein kann als das Gewicht der *ganzen* Zugmaschine.

B. Welcher Theil die Reibung mP auf die Schienen von der Last P sei, welche diese hervorbringt, darüber fehlt es meines Wissens noch an genügenden *directen* Versuchen. Auch mag ein fester Satz dafür schwer anzugeben sein, da, abgesehen von den Fällen, wo die Schienen durch Eis, Schnee oder durch zufällig darauf gerathenes Fett schlüpfrig geworden sind (welche Fälle indessen nur als Ausnahmen anzusehen sind, die nicht in Betracht kommen, weil sich eine solche Schlüpfrigkeit der Schienen leicht entfernen läfst) die Reibung doch auch dadurch, dafs die Schienen und die Räder mit der Zeit *glatt gerieben* werden, *sehr* verschieden sein kann. Gleichwohl kommt es *sehr wesentlich* auf diesen Satz an: denn wenn die Reibung der Räder auf die Schienen nicht hinreichend stark ist, so hilft alle Kraft der Maschine nichts. Sie wird die Räder auf den Schienen umdrehen, und der Wagenzug wird stehen bleiben. Es kommt durchaus auf die Frage an, wieviel m sei; aber diese Frage kann und darf nur so gestellt werden, dafs man wissen wolle, wieviel m *mindestens* sei, wenn auch die Schienen noch so glatt gerieben sind. Ist m gröfser, so schadet es nichts, sondern ist nur um so besser.

C. Ursprünglich hielt man bekanntlich die Reibung von P für so gering, dafs man überhaupt an der Möglichkeit zweifelte, durch sie einigermafsen bedeutende Wagenzüge auf einer Eisenbahn fortzuschaffen, und dachte deshalb daran, den Schienen und den Triebrädern *Zähne* zu geben; wovon sich aber bald die Unausführbarkeit ergab.

Die erste Erfahrung auf der Liverpooler Bahn zeigte, dafs es sich mit der Reibung anders verhalte, und dafs sie stärker und stark genug sei, um durch eine Zugmaschine von nicht allzugrofsem Gewicht einen ansehnlichen Wagenzug fortzuschaffen; wenigstens auf Bahnen mit nicht sehr starken Abhängen.

Nach dieser ersten Erfahrung schätzten Einige die Reibung mP auf den 20ten Theil von P, Andere höher; selbst bis auf den 6ten Theil.

Spätere Erfahrungen, zunächst in America, bewiesen, dafs die Reibung jedenfalls bedeutend sein müsse; denn es brachten Dampfwagen selbst auf Abhänge von 1 auf 60 und sogar von 1 auf 40 Wagenzüge hinauf. Jetzt geschieht dies an einigen Orten in America, England und Frankreich *fortwährend*. Ich habe anderswo (im 2ten Heft 13ten Bandes dieses Journals S. 137 bis 145) aus solchen *Erfahrungen* berechnet, dafs die Reibung sehr wohl auf den *vierten* Theil der Last angeschlagen werden könne.

D. Indessen ist es allerdings wahr, dafs es, selbst wenn $n = \frac{1}{4}$ gesetzt werden darf, doch noch schwierig sein würde, *grofse* Wagenzüge einen steilen Abhang hinaufzuschaffen. Es ist nemlich aus (474.)

$$476. \quad P = \frac{Q}{m}(n + \tang\beta).$$

Setzt man Q, mit Einschlufs des Gewichts der Zugmaschine = 1800 Ctr., was noch eben kein sehr starker Wagenzug ist, so müfste für einen Abhang von 1 auf 40, also für $\tang\beta = 0{,}025$, schon

$$477. \quad P = 4.1800(0{,}004 + 0{,}025) = 208{,}8 \text{ Ctr.}$$

sein, was schon ein nicht ganz geringes Gewicht für die Zugmaschine ist; und wenn nun die Schienen im geringsten schlüpfrig würden und die Reibung etwa auf die Hälfte hinabsänke, so würde die Maschine den Dienst versagen.

E. Nun ist es aber vorzüglich zu wünschen, dafs man durch Zugmaschinen *mit Sicherheit* auch schwerere Wagenzüge über steile Abhänge eben so wohl möge fortbringen können, als über schwächere: dafs man nicht für einzelne steile Stellen entweder stärkere Zugmaschinen, oder eine zweite vorgespannte Maschine nöthig haben, oder nicht gezwungen sein möge, dasjenige Gewicht der Zugmaschine, welches für horizontale oder wenig abhängige Bahnen hinreicht, blofs einzelner steiler Stellen wegen zu verstärken: überhaupt, dafs man mit so *leichten* Zugmaschinen als möglich auskommen möge; denn das Gewicht der Zugmaschine ist nicht allein keine *Nutzlast,* sondern, was noch wichtiger ist, die schweren Maschinen greifen auch die Bahn *insbesondere* an und erfordern stärkere und theurere Schienen, als sonst für die übrigen leichtern Wagen, welche die Nutzlast tragen, nothwendig sein würden. Und will man die schweren Zugmaschinen dadurch ersparen, dafs man einzelne steile Stellen vermeidet und der Bahn überall möglichst wenig Abhang giebt, so entstehen jene ungeheuren Kosten der Erd-Arbeiten; und wo Wasserscheiden in Gebirgen zu übersteigen und also steile Stellen *unvermeidlich* sind, ist das Mittel gar nicht einmal möglich. Man hilft sich dann mit stehenden Maschinen, oder wie es sonst gehen will; was aber wieder grofse Kosten, Aufenthalt und auch wohl Gefahr bringt.

Es ist also wie gesagt, zu wünschen, dafs es möglich sein möge, durch Zugmaschinen von *möglichst geringem Gewicht* grofse Lasten, ohne Unterschied, sowohl über geringe, als über steile Abhänge fortzuschaffen.

F. Das Mittel dazu wäre natürlicherweise, die Reibung der Triebräder auf die Schienen, *ohne* das Gewicht der Maschine, welches sie hervor-

bringt, zu vergröfsern, auf irgend eine Weise zu *verstärken*. Geht das an, so ist die Aufgabe gelöset, und unvermeidliche, oder nur durch sehr kostbare Erd-Arbeiten vermeidbare einzelne steile Abhänge setzen dann den Eisenbahnen nicht mehr wie jetzt Hindernisse entgegen; denn das *Bergabfahren* von steilen Stellen macht, wie sich weiter unten zeigen wird, keine wesentlichen Schwierigkeiten. Die Eisenbahnen sind dann, und *erst dann*, anders wie jetzt, *überall ohne unerschwingliche Kosten practicabel*.

Man hat sich auch vielfältig um die Art und Weise bemüht, wie die Reibung der Triebräder auf die Schienen zu verstärken sei, ohne die reibende Last zu vermehren. Man ist, wie oben bemerkt, auf die Zahnung der Schienen und Räder zurückgekommen; man hat Rollen vorgeschlagen, die die Schienen von beiden Seiten ergreifen und welche Federn an dieselben andrücken sollen u. s. w. Allein alle solche künstliche und complicirte Mittel werden immer mifslich, kostbar und nicht ohne Gefahr sein.

Es scheint, dafs es ein sehr einfaches und wenig kostbares Mittel gebe, den Zweck zu erreichen, und welches kaum jemals den Dienst versagen kann. Ich weifs nicht, ob Jemand dieses Mittel schon vorgeschlagen hat. Für den Fall, dafs es nicht geschehen sein sollte, will ich es hier kürzlich beschreiben.

XV. Mittel, das Eingreifen der Triebräder auf die Bahnschienen zu verstärken, *ohne* das Gewicht des Wagens zu vergröfsern.

58.

Gewöhnlich macht man den Umfang der Triebräder vollkommen *cylindrisch*. Nur die andern Räder der Zugmaschine bekommen Spurkränze, welche sie verhindern, die Schienen zu verlassen.

Statt dessen gebe man den Triebrädern die Form Fig. 20. I. und II., jedes Rad mit zwei Spurkränzen, von wenigstens 1¼ Zoll hoch, mit inwendig ganz geraden, *schrägen* Flächen und an der Wurzel um etwa 1 Zoll *mehr* von einander abstehend, als der Kopf der *gewöhnlichen* Schienen *breit* ist, also um etwa 3¼ Zoll, so dafs der Kranz des Triebrades im Ganzen etwa 5¼ Zoll breit wird.

Da, wo nur die *gewöhnliche* Kraft des Eingreifens der Triebräder nöthig ist, lege man *gewöhnliche* Schienen, auf welche also dann die Triebräder nach Fig. 20. I. wie gewöhnlich hinrollen werden, ohne von ihnen etwas anders als die obere gerade Fläche zu berühren. Höchstens werden sie sich mit ihren Spurkränzen, gleich allen andern Bahnwagen, mit dem einen oder

dem andern ihrer beiden Spurkränze von der Seite an den Kopf der Schienen reiben.

An den *steilern* Stellen der Bahn dagegen, wo mehr als die gewöhnliche Kraft des Eingreifens der Triebräder nöthig ist, lege man Schienen, deren Kopf noch um etwas mehr denn 1 Zoll *breiter* ist als gewöhnlich, nemlich so breit, dafs nach Fig. 20. II. die gerade Fläche *ab* des Triebkranz-Umfanges die obere gerade Fläche *cd* des Schienenkopfes *nicht erreichen* kann, sondern das Triebrad den Schienenkopf in den Puncten *e* und *f* berührt und sich so auf die Schienen gleichsam *einkeilt*. Die Puncte *e* und *f* werden dann von einer Kraft gepreſst werden, welche *stärker* ist, als das auf den Triebrädern ruhende Gewicht.

Bezeichnet man nemlich den Winkel, welchen die Flächen *ag* und *bh* mit dem *Loth* machen, durch φ, so bringt das auf den Triebrädern ruhende Gewicht P *senkrecht* auf *ag* oder *bh* einen Druck $P\operatorname{cosec}\varphi = \frac{P}{\sin\varphi}$ hervor, welcher *immer* gröfser als P, und um so gröfser ist, je kleiner man φ annimmt. Und da man es nun in der Gewalt hat, den Winkel φ so klein zu machen, als man will, so läfst sich der Druck auf die Schienen, und folglich die Reibung der Triebräder auf denselben, ohne die auf ihnen ruhende Last zu vergröfsern, *nach Belieben* verstärken.

Macht man z. B. $\varphi = 30$ Grad, so ist $\sin\varphi = \frac{1}{2}$ und die Reibung wird also schon *verdoppelt;* für $\varphi = 19$ Gr. 28 Min. wird sie *verdreifacht;* u. s. w.

Ein wesentlicher Übelstand, oder eine Gefahr, ist von dieser Anordnung nicht abzusehen. Das einzige Bedenken wäre, dafs die Schienen in den beiden einzelnen Puncten *e* und *f* stärker werden angegriffen und folglich eher abgenutzt werden, als wenn das Triebrad auf der obern geraden und breiten Fläche der Schienen rollt; aber wenn man bedenkt, wie langsam überhaupt der Erfahrung nach die Abnutzung der Schienen erfolgt, so ist wohl zu erachten, dafs das Bedenken, der so bedeutenden Wirkung gegenüber, von keinem Belang ist. Statt etwaiger *Gefahr* aber entsteht sogar noch eine gröfsere *Sicherheit,* weil jetzt die Triebräder ebenfalls Spurkränze, und zwar recht hohe Spurkränze bekommen, und also die Zugmaschine um so weniger die Schienen verlassen kann.

So also läfst sich annehmen, dafs, wenn man sich des vorgeschlagenen Mittels bedienen will, die Zugmaschine, wenn man ihr sonst nur hinreichende innere Kraft giebt, keines gröfseren Gewichts bedürfen werde, um über Berg

und Thal den Wagenzug fortzuschaffen, als auf die *gewöhnliche* Weise für nur schwache Abhänge; denn ihr Eingreifen auf die Schienen kann man *nach Belieben* verstärken.

Setzt man, wie oben in (§. 57. *D.*), das Gewicht des Wagenzuges $Q = 1800$ Ctr. und wendet das vorgeschlagene Mittel an, für einen Abhang der Bahn von 1 auf 40, so ergiebt sich für $m = \frac{1}{3}$ und $\varphi = 19^0,28$:

$$478. \quad P = \frac{4 \cdot 1800}{3}(0{,}004 + 0{,}00666 \ldots) = 70.$$

Selbst für $m = \frac{1}{8}$ wäre erst

$$479. \quad P = 105 \text{ Ctr.};$$

und dazu ist eine Zugmaschine von höchstens 200 Ctr. schwer hinreichend, statt dafs die Dampfwagen jetzt an 300 Ctr. und darüber wiegen.

Das Gewicht der Zugmaschine ist also, wenn man sich des Mittels bedienen will, fast gar nicht mehr von dem Gewicht des fortzuschaffenden Wagenzuges abhängig, sondern nur noch von ihrer eigenen Ladung; denn selbst für den schwersten Wagenzug, von $Q = 3000$ Ctr. an Gewicht, würde noch eine Zugmaschine von 200 Ctr. schwer ausreichen.

XVI. Vom Hemmen.

59.

Wir sagten in (§. 57. *F.*), dafs das *Bergabfahren* von steilen Bahnstellen keine wesentlichen Schwierigkeiten mache.

A. In der That beträgt z. B. von einem Wagenzuge von $Q = 1800$ Ctr. schwer die ihn bergabtreibende Kraft

$$480. \quad Z = Q(\operatorname{tang}\beta - n)$$

selbst für einen Abhang $\operatorname{tang}\beta = \frac{1}{40}$ nur

$$481. \quad Z = 1800(\tfrac{1}{40} - \tfrac{1}{240}) = 37{,}8 \text{ Ctr.}$$

Wenn also auch nur die 4 bis 6fache Last, also 150 bis 225 Ctr. gehemmt wird, mithin nur von 2 bis 3 Bahnwagen die Räder, erst durch Anschrauben, dann durch untergelegte Hemmschuhe vollständig am Umlauf verhindert werden, so ist die bergabtreibende Kraft schon aufgehoben.

B. Ferner entsteht, wenn man sich der Luftwagen bedient, durch das Einpumpen von Luft, wie weiter oben nachgewiesen, eine starke hemmende Kraft, die selbst noch weniger versagen kann, als das gewöhnliche Hemmen.

C. Dann aber erzeugt sich auch eine übermäfsig grofse Geschwindigkeit nicht *so schnell* als es scheint.

Die aus der *bewegenden* bergabtreibenden Kraft Z (480.) entstehende *beschleunigende* Kraft nemlich ist

$$482. \quad p = \frac{Z}{Q} = \text{tang}\beta - n.$$

Dieselbe bringt in der Zeit ∂t die Geschwindigkeit $\partial v = 2gp\,\partial t$ hervor, so dafs $v = 2gpt + \text{Const.}$ ist und, wenn man $v = v_1$ für $t = 0$ setzt,

$$483. \quad v = 2gpt + v_1.$$

Mit der Geschwindigkeit v wird in der Zeit ∂t der Raum ∂x durchlaufen, so dafs $\partial x = v\,\partial t = 2gpt\,\partial t + v_1\,\partial t$ ist, welches $x = gpt^2 + v_1 t + \text{Const.}$ und, da für $t = 0$ $x = 0$ ist,

$$484. \quad x = gpt^2 + v_1 t$$

giebt. Hierin aus (483.) $t = \frac{v - v_1}{2gp}$ gesetzt, giebt $x = gp \cdot \frac{(v-v_1)^2}{4g^2p^2} + v_1 \cdot \frac{v - v_1}{2gp}$ oder

$$485. \quad x = \frac{v^2 - v_1^2}{4gp} = \frac{v^2 - v_1^2}{4g(\text{tang}\beta - n)} \quad (482.),$$

und daraus folgt $4gpx = v^2 - v_1^2$, also $v = \sqrt{(4gpx + v_1^2)}$ oder vermöge (482.)

$$486. \quad v = \sqrt{(4gx(\text{tang}\beta - n) + v_1^2)}.$$

Sorgt man nun dafür, dafs die Anfangsgeschwindigkeit v_1 am *Gipfel* des Abhanges, wenn nicht Null, so wenigstens möglichst klein sei, z. B. $v_1 = 10$ F., so darf nach (485.) der Wagenzug einen Abhang von $\text{tang}\beta = \frac{1}{40}$ schon

$$487. \quad x = \frac{40^2 - 10^2}{4 \cdot 15\frac{1}{3}(\frac{1}{40} - \frac{1}{250})} = 1143 \text{ F. lang, also } 28\tfrac{1}{2} \text{ F. hoch}$$

hinabrollen, ehe er eine Geschwindigkeit von $v = 40$ F. in der Secunde oder 6 Meilen auf die Stunde erlangt. Erst auf

$$488. \quad x = \frac{53\frac{1}{3}^2 - 10^2}{4 \cdot 15\frac{1}{3}(\frac{1}{40} - \frac{1}{250})} = 2091 \text{ F. lang, also } 52\tfrac{1}{4} \text{ F. hoch}$$

erlangt er $53\frac{1}{3}$ F. Geschwindigkeit in der Secunde oder 8 Meilen in der Stunde, die noch keine Gefahr hat, wenn nur keine kurzen Krümmen in der Bahn sich befinden.

D. Erst auf *längern* und höhern Abhängen ist das Hemmen durch Hemmschuhe oder durch Einpumpen von Luft in die Zugmaschine zu Hülfe zu nehmen nöthig. Solche längern Abhänge, wenn sie sehr steil sind, mufs man dann durch horizontale Stellen unterbrechen. Auch wird es gut sein, wenn es angeht, die etwa nöthigen Krümmen der Bahn, insofern sie nicht zu lang sind, mit nicht zu starkem Gefälle, in den *Anfang* eines langen und steilen

Abhanges, unmittelbar vom Gipfel anfangend, niemals an den Fufs des Abhanges zu legen; denn auch Krümmen sind Hemmungen.

60.

A. Für *sehr lange* und *sehr starke* Abhänge, also etwa zur Ersteigung oder Übersteigung von Wasserscheiden in Gebirgen, können *Röhren-Eisenbahnen,* wie No. I. II. oder III. §. 4., besonders No. II. oder III., wo *zusammengedrückte* Luft den Wagenzug vor sich her treibt, eben wie zum Bergantreiben der Lasten, auch zur Mäfsigung der Berg-Abfahrt geeignet sein; jedoch zunächst insbesondere nur in der Voraussetzung, dafs es möglich sei, dem Führer des Wagenzuges ein Mittel zu geben (durch einen electrischen Telegraphen etwa) dem Maschinisten an der Luftpumpe, oder an dem Luftbehälter unten am Abhange, oder oben auf dem Gipfel, augenblickliche Zeichen zu machen, ob die zunehmende oder abnehmende Geschwindigkeit stärkeres oder schwächeres Hemmen erfordere.

B. Man setze z. B., es sei beim Ersteigen einer Wasserscheide nicht möglich, schwächere Gefälle als *1 auf 30* zu erlangen, und dafs auf 12 000 F. Länge, vielleicht mit vielen Krümmen, 400 F. Höhe erstiegen werden müssen. Alsdann beträgt die zur *Berganfuhrt* nöthige Zugkraft, um 1500 Ctr. hinaufzuschaffen (die hier statt 1800 Ctr. angenommen werden mögen, weil kein *Luftwagen* vorhanden ist) nach (473.)

$$489. \quad Z = 1500(\tfrac{1}{30} + \tfrac{1}{150}) = 56 \text{ Ctr.};$$

die *bergabtreibende* Kraft beträgt nach (480.)

$$490. \quad Y = 1500(\tfrac{1}{30} - \tfrac{1}{150}) = 44 \text{ Ctr.}$$

C. Für die Röhren-Eisenbahnen No. I. mit *verdünnter* Luft, oder für die eigentlich sogenannten *atmosphärischen* Eisenbahnen, ist diese Aufgabe schon zu stark. Denn wenn die Luft aus der Röhre auch bis auf $\frac{1}{8}$ Atmosphären Druck ausgepumpt wird, was sehr unvortheilhaft ist, beträgt der Druck auf 1 Q. F. des Kolbens erst $\frac{7}{8} \cdot 18 = 15$ Ctr. (15.). Um bergan die 56 Ctr. Triebkraft, zu welcher noch die Kraft zur Hervorbringung von Geschwindigkeit und zur Überwindung der Reibung des Kolbens und in den Krümmen kommt, zu besitzen, müfste also der Kolben schon wenigstens 4 Q. F. Fläche und also die Triebröhre 27 Zoll im Durchmesser haben; was sehr kostbar und kaum ausführbar sein würde.

D. Für die Röhren-Eisenbahnen No. II. oder III. dagegen ist das Verlangte recht gut zu erreichen. Giebt man nemlich der Röhre 14 Zoll Durch-

messer, so dafs der Kolben 154 Q. Z. Fläche hat, so bringt ein Druck von 3 Atmosphären schon $3.18.\frac{1}{4}\frac{1}{4} = 57\frac{3}{4}$ Ctr. Triebkraft hervor, also schon mehr als nach (489.) nöthig ist. Man darf also nur die Luft in der Röhre hinter dem Kolben auf etwas mehr als 3 Atmosphären überschüssige Spannung zusammenzupressen, was, besonders bei der *eisernen* Röhre (§. 4. No. II.), kein Bedenken hat, so können die 1500 Ctr. Last schon mit angemessener *Geschwindigkeit* bergauf getrieben werden.

E. Zum *Hemmen* bei der Bergabfahrt ist dieselbe Spannung schon viel stärker als nothwendig: es sind dazu nach (490.) nur $\frac{1}{18}\cdot\frac{1}{3}\frac{1}{4} = 2{,}3$ Atmosphären überschüssige Spannung nöthig. Preſst man also beim Bergabfahren, eben wie bei dem Ersteigen der Höhe, die Luft von unten, also jetzt *vor* dem Kolben, auf 2,3 Atmosphären zusammen, und hat der Führer des Wagenzuges das Mittel, dem Maschinisten unten am Fuſse der Steigung augenblicklich wissen zu lassen, was er zu thun habe, so darf dieser nur durch stärkere oder geringere Öffnung des Hahns die zusammengepreſste Luft vor dem Kolben nach Erfordern allmälig ausströmen lassen, um den Wagenzug mit angemessener Geschwindigkeit bergab rollen zu lassen. Auch kann er ihn durch gänzlichen Verschluſs des Hahns *völlig hemmen;* denn der Druck gegen den Kolben, welcher, nachdem der Wagenzug eine gewisse Geschwindigkeit erlangt hat, genau *gleich* Y (490.) bleiben muſs, damit die Geschwindigkeit sich nicht verändere, wird, so wie der Wagenzug mit der erlangten Geschwindigkeit weiter vorrückt, bald wieder stärker werden, wenn der Hahn verschlossen ist, und wird also die Bewegung zuletzt *ganz hemmen.* Dieses Hemmen ist indessen keineswegs weder so schnell wirksam, als es scheint, noch auch allgemein ausführbar. Es verhält sich damit wie folgt.

F. Der Durchmesser der Triebröhre sei $= \delta$. Die Spannung der Luft in der Röhre $= 1+\mu$, so ist der *wirksame* Druck gegen den Kolben $\frac{1}{4}\pi\delta^2\mu\sigma$ Pfd. Es muſs also zunächst, wenn die erlangte Geschwindigkeit des Wagenzuges sich *nicht* ändern soll,

$$491. \quad Y = Q(\tang\beta - n) = \tfrac{1}{4}\pi\delta^2\mu\sigma$$

sein. Die noch zu durchlaufende Länge der Röhre sei $= a$, so befinden sich

$$492. \quad \tfrac{1}{4}\pi\delta^2(1+\mu)a \text{ C. F. atmosphärische Luft}$$

vor dem Kolben. Nun rücke der Wagenzug mit der erlangten Geschwindigkeit c um x Fuſs weiter vor, so wird die vor dem Kolben befindliche Luft, sobald der Ausflufshahn verschlossen ist, in den Raum $\frac{1}{4}\pi\delta^2(a-x)$ zusammen-

zug zum Stillstand kommt, wird die Luft vor dem Kolben auf

509. $(1+\mu)\frac{a}{a-x}-1 = \frac{\mu a+x}{a-x}$ Atmosphären wirksamer Spannung *zusammengepreſst.* Das macht in den obigen drei Fällen, da hier $\mu = 2{,}3$ ist (§. 60. *E.*), 3,81; 5,06 und 11,69 Atmosphären; durch welche Spannung die Röhre, wenn sie nicht stark genug ist, *zersprengt* werden kann.

Eine Röhren-Eisenbahn, mit hinter dem Kolben zusammengepreſster Luft, ist daher zwar gut geeignet, um einen schweren Wagenzug bergauf zu schaffen und mit angemessener Geschwindigkeit ihn herabzulassen, aber nicht zum *plötzlichen* Hemmen durch die verdichtete Luft. Dazu werden immer die *gewöhnlichen* Mittel angewendet werden müssen.

XVII. Mittel, die Schwierigkeit der Correspondenz zwischen dem Wagenführer und dem Maschinisten an der Luftpumpe bei Triebröhrenbahnen zu vermeiden.

61.

Wir wollen hier eines einfachen Mittels gedenken, welches den *Führer des Wagenzuges* in den Stand setzen würde, *allein* und *ohne* Zuthun des Maschinisten am Ende der Röhre die Geschwindigkeit der Fahrt zu mäfsigen, oder zu beschleunigen; wenigstens in dem Falle, wo die Luft in der Triebröhre, um die Triebkraft hervorzubringen, nicht *verdünnt,* sondern *zusammengepreſst* werden soll. Die Erwähnung des Mittels wird hier wenigstens nicht ganz an der unrechten Stelle stehen, da dasselbe auch zur *Ermäfsigung* der Geschwindigkeit, also zum *Hemmen* wirksam sein würde. Es ist folgendes.

A. Man stelle sich eine Röhre vor, die von dem vordersten Wagen des Zuges, auf welchem der Führer seinen Platz hat, im Innern der Triebstange in den Triebkolben hinab und längs desselben bis durch den der *verdichteten* Luft zugekehrten Kopf des Kolbes, also bis zu der in der Triebröhre *zusammengepreſsten* Luft selbst reicht und daselbst *offen* ist, oben aber vom Führer des Wagenzuges durch einen Hahn H_1 nach Belieben geöffnet oder verschlossen werden kann. Wir wollen diese Röhre durch *A* bezeichnen.

B. Eben so erstrecke sich eine andere Röhre von dem Platze des Wagenzugführers, gleichfalls im Innern der Triebstange, in den Triebkolben

hinab und längs desselben nach der *andern* Seite hin, bis durch den der *nicht verdichteten* Luft zugekehrten Kopf des Kolbens, also bis zu der in dem andern Theile der Triebröhre *nicht verdichteten* Luft selbst, sei dort *offen*, könne aber *oben* vom Führer des Wagenzuges ebenfalls durch einen Hahn H_2 nach Belieben geöffnet oder verschlossen werden. Diese Röhre werde durch B bezeichnet.

C. Eine dritte kurze Röhre C setze die beiden Röhren A und B oben vor dem Wagenführer mit einander in Verbindung, und die beiden Hähne H_1 und H_2 seien so eingerichtet, dafs A und B durch sie sowohl *einzeln* verschlossen, als auch *einzeln* nach der äufsern Luft hin geöffnet, so wie auch der äufsern Luft verschlossen und dagegen mit einander in Verbindung gebracht werden können.

D. Die Triebröhre nebst Kolben und Ventil seien so eingerichtet, wie es Fig. 1. 2. und 3. oder 3. 4. und 5. vorstellen; nur mit dem Unterschiede, dafs die Köpfe der Kolben nicht wie in Fig. 3. nur die obere Hälfte des Querschnitts der Triebröhre, sondern ihren *ganzen* Querschnitt verschliefsen; so, dafs also auch an die Stelle des festen Bodens B, B blofse Stangen die beiden Enden des Kolbens mit einander verbinden. Die Triebröhre sei an dem der Luftpumpe entgegengesetzten Ende *nicht offen*, sondern *verschlossen*.

E. Gesetzt nun, der Wagenzug fahre *bergan*, so hat der Maschinist an der Luftpumpe oder an den Behältern für nichts weiter zu sorgen, als dafs die den Wagenzug forttreibende Spannung der Luft in der Triebröhre *niemals unter* diejenige hinabsinke, welche zur Ersteigung der *steilsten* Stellen des Abhanges nothwendig ist; was ihm genau vorgeschrieben werden kann und was dann ein gewöhnlicher Barometer oder Manometer an der Triebröhre anzeigt.

Gelangt nun der Wagenzug an *weniger steile* Stellen, für welche die Triebkraft *zu stark* ist und also die Geschwindigkeit zu sehr zunehmen würde, so setzt der *Führer des Wagenzuges* vermittels der Hähne H_1 und H_2 die *beiden* Röhren A und B *mit einander in Verbindung*. Sofort wird verdichtete Luft nach der *andern* Seite des Kolbens strömen, weil dort die Luft *nicht* verdichtet ist, sondern nur die Spannung der Atmosphäre hat. Also wird sofort das Übergewicht der verdichteten Luft, und folglich die Triebkraft auf den Kolben, mithin auch bald die Geschwindigkeit *abnehmen*. Zwar wird der Maschinist an der Luftpumpe, da er die Spannung der Luft *hinter* dem Kolben beständig auf die *gleiche* Stärke zu erhalten angewiesen ist, die durch

die Röhren *A* und *B* nach der andern Seite des Kolbens hingeströmte Luft sofort wieder ersetzen: aber gleichwohl bleibt die Triebkraft *geringer*, da die Luft *vor* dem Kolben jetzt nicht mehr blofs die Spannung der atmosphärischen Luft besitzt, sondern durch die zugeströmte verdichtete Luft eine *stärkere* Spannung erhalten hat und also einen stärkern *Gegendruck* auf den Kolben ausübt. Also wird jedenfalls die Triebkraft *blofs durch den Führer des Wagenzuges vermindert* und mithin die Geschwindigkeit durch ihn *gemäfsigt* werden können. Es könnte sogar der Führer des Wagenzuges durch dieses Mittel die Triebkraft völlig bis auf *Null* bringen, wenn er nemlich die verdichtete Luft so lange nach der andern Seite des Kolbens strömen liefse, bis sie *vor* dem Kolben *dieselbe* Spannung hat, wie *hinter* dem Kolben. Allein das wird beim *Berganfahren niemals* nöthig sein, da die bergabtreibende Kraft der Schwere hier der Gegenwirkung zu Hülfe kommt.

Gelangt hierauf der Wagenzug wieder an steilere, oder an die steilsten Stellen, wo wieder eine stärkere, oder die stärkste Triebkraft nöthig ist, so darf der Führer des Wagenzuges nur die Röhre *A* verschliefsen und durch die Röhre *B* diejenige verdichtete Luft, welche er vorhin *vor* den Kolben in die Triebröhre hat einströmen lassen, jetzt *in die Atmosphäre ausströmen* lassen. Alsbald wird die Gegenspannung der Luft vor dem Kolben wieder abnehmen, selbst bis zu der der blofsen äufsern Luft, und das *volle* Übergewicht der zusammengepreſsten Luft hinter dem Kolben wird wieder hergestellt sein.

F. Fährt der Wagenzug *bergab*, und zwar so steil, dafs überall die Wirkung der Schwere über die Widerstände das Übergewicht hat, und folglich verdichtete Luft jetzt *vor* dem Kolben den Wagenzug *zurückhalten* mufs, so hat der Maschinist unten an der Luftpumpe wiederum für nichts weiter zu sorgen, als dafs die verdichtete Luft in der Triebröhre *vor* dem Kolben stets auf derjenigen Spannung erhalten werde, die zur Gegenwirkung an den *steilsten* Stellen nöthig ist. Gelangt nun der Wagenzug an weniger steile Stellen, so läfst der Wagenführer durch die Röhren *A* und *B* verdichtete Luft aus dem Theile der Triebröhre vor dem Kolben *hinter* den Kolben strömen, wodurch sofort der Widerstand abnehmen wird. Ist wiederum an steilen Stellen ein stärkerer Gegendruck nöthig, so entläfst er die verdichtete Luft, welcher er den Zutritt hinter den Kolben gestattet hatte, ins Freie.

G. Man sieht leicht, dafs durch eine ähnliche Handhabung der Hähne in den Röhren *A* und *B* der Wagenführer im Stande sein wird, ohne Zu-

thun des Maschinisten an der Luftpumpe die Geschwindigkeit der Bewegung auch dann zu regeln, wenn bei der Bergabfahrt der Abhang nicht so stark ist, dafs die Wirkung der Schwere das Übergewicht hat; und selbst in Fällen, wo, die Eisenbahn *abwechselnd* steigt und fällt. In diesen Fällen ist dann in der Triebröhre verdichtete Luft, aber von *ungleicher* Spannung, zu *beiden* Seiten des Kolbens nöthig und die Maschinisten der Luftpumpe an *beiden* Enden der Röhre haben dann für gewisse, stets gleichmäfsige Spannungen der Luft zu sorgen, ohne dafs weiter eine Correspondenz zwischen ihnen und dem Wagenführer nothwendig wäre.

H. So also könnte der *electrische Telegraph* erspart werden. Zwar ist auf diese Weise ein *stärkerer Luft-Aufwand* nothwendig, da es nach der obigen Beschreibung vorkommt, dafs *verdichtete Luft ins Freie* zu entlassen ist und also *verloren* geht. Indessen wirkt das Mittel jedenfalls *schneller,* als Das, was die Maschinisten an der Luftpumpe oder an den Behältern zu thun im Stande sind; denn Das was Diese thun können, thut hier auf umgekehrtem Wege der Wagenführer selbst, und es wird also jedenfalls die Zeit erspart, die nöthig ist, den Maschinisten zu beauftragen; auch wird die bedeutende Gefahr vermieden, die entstehen kann, wenn der Maschinist nicht etwa augenblicklich *bereit* ist, die Anweisung des Wagenführers zu befolgen, oder dieselbe gar *mifsversteht.* Besonders für *schwierige* Fälle, nemlich für die Bergan- oder Bergabfahrt auf *sehr steilen und langen Abhängen,* dürfte daher die Anwendung des Mittels *nothwendig* und des mehreren Aufwandes von Kraft wohl werth sein.

I. Für das *Hemmen,* wenigstens für das Mäfsigen der Geschwindigkeit, und selbst um den Wagenzug nöthigenfalls zum *Stillstand* zu bringen, ist das Mittel offenbar ebenfalls geeignet und aus den so eben in (*H.*) bemerkten Gründen besser, als Das, was der Maschinist an der Luftpumpe dazu zu thun im Stande ist. Zu dem *sehr* schnellen und *plötzlichen* Hemmen wird indessen immer das gewöhnliche Mittel der *Hemmschuhe* zu Hülfe genommen werden müssen.

K. Das Mittel würde auf gewisse Weise auch für Triebröhren mit *verdünnter* Luft anwendbar sein; hier aber nur mit noch stärkerem Mehr-Aufwande von Kraft.

(Die Fortsetzung folgt.)

14.

Historisch-hydrographische Nachrichten von den Häfen und andern Schiffahrts-Anstalten Ostfrieslands bei der Stadt Emden und in den Emsmündungen,

nebst

practischen Vorschlägen zur Verbesserung des Fahrwassers, zur völligen Sicherung der Stadt und Umgegend gegen Zerstörung durch hohe Sturmfluthen, und zur Vermehrung der innern Entwässerungs-Anlagen des Binnenlandes zum Besten der Landwirthschaft.

(Von *D. Reinhold*, Königl. Hannöverschem Wasserbau-Inspector.)

(Fortsetzung der Abhandlung No. 1. im ersten und No. 8. im zweiten und No. 16. im vierten Hefte einundzwanzigsten Bandes.)

Sechster Abschnitt.

Bemerkungen über die Schiffahrts-Anstalten in Ostfriesland, zu Emden und an den Emsmündungen.

§. 12.

Die nautischen Anlagen und Anstalten, welche theils zur unmittelbaren Sicherheit der Schiffahrt, theils zur Bildung und Übung practisch-tüchtiger Seeleute in Emden und abwärts bis in die See, im Fahrwasser und auf der Insel Borkum vorhanden sind, bilden einen unentbehrlichen und wichtigen Theil derjenigen Mittel, welche, aufser den oben abgehandelten, die Stadt Emden unmittelbar betreffenden Anlagen, zur Erhaltung und Beförderung der Seeschiffahrt für die ganze Provinz Ostfriesland nöthig sind.

Diese Mittel bestehen insbesondere in dem Leuchtthurme und den Kaayen auf der Insel Borkum, in den Seetonnen und Baaken im Fahrwasser von Emden bis zur Mündung der Ems in die See, im Lootsenwesen, in Seecarten von den Emsmündungen, und in der Navigationsschule zu Emden, in welcher junge Seeleute die nöthigen theoretischen Vorkenntnisse zur practischen Ausbildung, insoweit sie einem tüchtigen Steuermanne und Capitain eines Kauffahrteischiffes nöthig sind, erhalten.

Wir wollen diese Anlagen und Anstalten hier in der Kürze beschreiben, ohne uns auf Einzelnheiten einzulassen, und uns dann auf einige Bemerkungen darüber beschränken.

§. 13.

Der Leuchtthurm auf der Insel Borkum.

Auf dem westlichen Theile der zwischen der Niederländischen Insel Rottum und der Ostfriesischen Insel Juist in der Emsmündung liegenden Insel Borkum, welche ein Durchbruch in das Ost- und Westland getheilt hat, steht ein Leuchtthurm, unter 53° 39′ nördlicher Breite und 6° 46′ östlicher Länge von der Sternwarte von Greenwich, die von Ferro 17° 55′ *westlich* liegt.

Die Insel Borkum war schon den Römern unter dem Namen Burchana bekannt, an welcher sie etwa 10 Jahre vor Christo in den Emsmündungen mit einer Flotte landeten und das damalige Land der Chauken, das jetzige Ostfriesland, besetzten; wie man solches aus den alten Annalen und aus der Naturgeschichte des Plinius erfährt. Aus jener Zeitperiode schreibt sich auch die Gründung von Delfzyl, am linken Ufer der Ems, und der Stadt Emden her, indem die Römer damals, sowohl in Holland, als in Ostfriesland, zur Sicherheit ihrer Truppen kleine befestigte Örter (Castella) an den Ufern der See und der Strommündungen anlegten; so dafs also der Ursprung der Stadt Emden sich aus den Zeiten der Römer mit historischer Gewifsheit herleiten läfst.

Borkum hing in alten Zeiten mit dem Festlande zusammen, ist aber jetzt etwa 6000 Ruthen vom Lande entfernt, und durch Fluthen, wie schon gesagt, in zwei Theile, das Ost- und Westland, zerrissen; wahrscheinlich durch die grofse Sturmfluth am 3ten November 1170. Mehrere folgende Sturmfluthen griffen die Insel weiter an und vergröfserten ihre Entfernung vom festen Lande. In der Urzeit soll die Insel 6 Meilen lang, 5 Meilen breit und wenigstens 20 Quadratmeilen, also etwa so grofs wie der dritte Theil von ganz Ostfriesland gewesen sein. Die Inseln Juist, Band und Buise sind wahrscheinlich mit Borkum in einer zusammenhängenden Fläche verbunden gewesen. Die letztern beiden sind ganz verschwunden; die erstere, so wie alle andern Ostfriesischen Inseln, sind stark im Abnehmen begriffen und werden von Stürmen und Fluthen von Westen nach Osten hinübergetrieben.

Früher war Borkum stärker bewohnt und wohlhabender als jetzt. Nachdem der Handel und besonders der Wallfischfang abnahm, verminderte sich die Zahl der Bewohner bis auf 439 Menschen, die vom Fischfange und der Seefahrt leben.

Schon im Jahre 1576 hatte die Stadt Emden einen 150 Fufs hohen und 30 Fufs breiten Thurm auf Borkum aufführen lassen und unterhielt in spätern Zeiten zwei Baaken daselbst; aufserdem 49 Seetonnen und 2 Treib-

baaken auf der Ems zur Bezeichnung des Fahrwassers. Im Jahre 1779 wurde auf Borkum eine Feuerbaake errichtet und am 9ten August 1781 zwischen Ostfriesland und den Generalstaaten von Holland eine Übereinkunft geschlossen, nach welcher die Generalstaaten jährlich 6000 Caroligulden, und zwar vorerst auf 10 Jahre lang, vom 1ten Juni 1780 bis 1ten Juni 1791, an die Stadt Emden zahlen sollten. Am 15ten December 1780 wurde das erste Steinkohlenfeuer auf die Feuerbaake zu Borkum gesetzt und seit jener Zeit täglich von Sonnen-Untergang bis zum Aufgange erhalten.

Nach Einführung des Steinkohlenfeuers auf dem Leuchtthurm zu Borkum im Jahre 1780 legte der Stadtmagistrat von Emden zur Bestreitung der Kosten desselben, aufser dem gewöhnlichen Lastgelde, auf jede Last der Tracht auswärtiger, die Ems ein- und auslaufenden Schiffe ein Tonnen- und Baakengeld von 5 Stüber Ostfriesisch Courant oder 2 Ggr. 3 Pf. Hannöv. Cour., und auf die einheimischen Ostfriesischen Schiffe die Hälfte, also 2½ Stüber Ostfriesisch, oder 1 Ggr. 2 Pf. Hannöv. Cour. Ferner an Feuergeld auf die einkommenden beladenen oder unbeladenen Schiffe 1½ Stüber (8 Pfennig Hannöv.) für die Roggenlast von 4000 Pfund, auf die beladen ausfahrenden Schiffe aber 5 Procent vom Werthe der Ladung.

In Emden erhob man seit der Zeit diese erhöheten Lastgelder von allen Schiffen, die die Ems heraufkamen; in Greetsyhl, Norden und den übrigen Häfen aber mit der Abänderung, dafs Ostfriesische Schiffe, wenn sie von einem Syhle zum andern, z. E. von Norden nach Greetsyhl fuhren, nur die Hälfte des Lastgeldes, also 1¼ Stbr. Ostfr. oder 6 Pf. Hannöv. Cour. für die Last, bezahlten, während alle Schiffe, die zu Emden bezahlt hatten, frei vom Lastgelde blieben; wenn sie z. E. in Greetsyhl ankamen und von da ledig wieder wegführen. Dagegen wurde das Feuergeld vor der Hand nur in Emden und Leer, woselbst Emden auch ein Zollamt hielt, von den Schiffen erhoben, welche die Oster- und Wester-Ems aussegelten und einkamen; so wie von denen, welche die Insel Borkum vorbeifuhren, wenn sie auch nur die Watten passirten, weil sie Nutzen vom Feuerthurm hatten. Die kleine Schiffahrt von Leer, Emden etc. nach Bremen, Hamburg und Amsterdam bezahlte nur die Hälfte oder ¼ Stüber oder 4 Pfennige. In den übrigen Häfen Ostfrieslands, zu Norden und bei den Syhlen des Harrlingerlandes, wurde kein Feuergeld bezahlt; so wie auch nicht von den mit Ballast und Ziegeln ein- und ausgehenden Schiffen.

Im Jahre 1790 wurde die abgelaufene Übereinkunft mit Holland wegen der 6000 Gulden Feuergelder auf neue 10 Jahre bis 1800 erneuert. Holland

übernahm jetzt 7000 Gulden zu bezahlen, und man stipulirte, dafs der Feuerthurm auf eine höhere Düne versetzt werden solle, ohne dafür die Schiffe der Batavischen Republik mit Auflagen zu belegen; während auch alle Ostfriesischen Schiffe, die von hier nach den Häfen Hollands, oder von da nach den Ostfriesischen Hafen fuhren, von Bezahlung des einen Stübers für die Last frei bleiben sollten, wie es bis dahin Statt gefunden hatte. Eine Localbesichtigung der Insel Borkum durch den damaligen Deichcommissair ***Bley*** ergab, dafs keine bessere Stelle zum Feuerthurm vorhanden sei. Dagegen wurden 1794 die Kaayen verändert und zwei Kaayen auf dem ***Ost-Ende*** von Borkum hinzugefügt, auch eine Treibbaake auf das Juister Riff gelegt u. s. w.; wie es die Ruilsche Carte zeigt. Seit jener Zeit bestand die Convention nebst den Anstalten fort; bis letztere in den Kriegsjahren 1806 bis 1813 eingingen.

Im Jahre 1814 wurden die Anstalten wieder hergestellt und darauf die Übereinkunft mit Holland von der Preufsischen Regierung erneuert. In jener Zeit wurden statt des Steinkohlenfeuers Proben mit blechernen Hohlspiegeln gemacht, die aber dem Kohlenfeuer, ihrer Strahlenzerstreuung wegen, sehr nachstanden und bald wieder abgeschafft wurden. Im Jahre 1817 liefs unsere jetzige Regierung von dem verstorbenen Mechanicus ***Repsold*** in Hamburg eine 14 Fufs im Durchmesser haltende Laterne mit 18 Reflectoren und 23 Spiegelscheiben, nebst 9 parabolischen Reflectoren und 15 Spiegelscheiben, mit einem Kosten-Aufwande von etwa 20 000 Mark Banco auf dem Thurm anbringen, so dafs seit dieser Zeit ein helleres und in hinreichender Ferne sichtbares Lampenfeuer Jahr aus Jahr ein dort brennt und zum gröfsten Nutzen der Seefahrer gereicht, auch bei weitem weniger zu erhalten kosten soll, als das ehemalige Steinkohlenfeuer. Sämmtliche Anstalten werden jetzt auf Kosten des Staats erhalten, wogegen die früherhin für Rechnung der Stadt Emden auf der Ems erhobenen Zollgelder etc. in die herrschaftliche Casse fliefsen. Die Aufsicht über den Leuchtthurm, die Kaayen, Tonnen und Baaken führt der zeitige Königliche Wasser-Bau-Inspector in Emden, der das Local besichtigt und für die nöthigen Bedürfnisse sorgt. Die tägliche Aufsicht über den Leuchtthurm führt ein auf der Insel wohnender Aufseher.

§. 14.

Bemerkungen über die vorhandenen Seecarten.

Es giebt mehrere Seecarten von der Emsmündung, aus frühern und neuern Zeiten.

Die in Ostfriesland selbst verfertigten und herausgekommenen Seecarten von den Mündungen der Ems sind folgende:

Eine ältere führt den Titel:

„Nieuwe Kaart van het inkoomen van de Ooster en Wester Eemze en „het Homme-Gat benevens het Vaarwater na Emden en Delfzyl, opge- „steld door Jan Luitjes Ruil, Thomas Douwes van Cammenga en Jacob „Pieter de Vries; te Emden Anno 1797, te Amsterdam by G. Hulst „van Keulen."

Über diese vor 46 Jahren aufgenommene und herausgegebene Carte findet man das Urtheil meines verstorbenen Freundes, des Professors der Astronomie *J. Oltmanns*, im Anhange der von mir gemeinschaftlich mit ihm herausgegebenen Schrift „Der deutsche Handelscanal u. s. w. Leer 1817" Seite 237 — 248, nach welchem diese Carte sehr unrichtig und mangelhaft und wegen der vielen Veränderungen des Strombettes und Fahrwassers und der deshalb nöthig gewesenen Verlegung der Seetonnen und Baaken jetzt nicht mehr zu gebrauchen ist.

Im Jahre 1829 gaben die Schiffer *P. O. Visser* und *J. F. Harnak* zu Emden eine Seecarte von den Emsmündungen heraus; nemlich die

„Carte zum Ein- und Aussegeln in die Oster- und Wester-Ems, so „wie auch in das Hommegat etc."

über welche sich im Publico durch öffentliche Schriften, z. B. durch die Ostfriesische Zeitung vom März 1834 etc., verschiedene widersprechende Beurtheilungen von Sachkennern verlautbart haben. In der Ostfriesischen Zeitung ist eine „Entgegnung der auf die Visser-Harnaksche Strom-Carte der Ems vom Jahre 1829 in der *van Rhyn*schen Beschreibung der *Keucheniusschen* Carte „„Der monden van de Ems"" vom Jahre 1833 gerichteten Angriffe" enthalten, worauf wieder ein ungenannter Ostfriesischer Sachkenner die *Visser-Harnak*sche Carte gegen die Angriffe des Niederländischen Sachkenners etc. *van Rhyn* heftig, aber leider! partheiisch vertheidigt und dadurch auf die vom Königl. Niederländischen Marine-Departement im Jahre 1833 herausgegebene hydrographische Carte von den Mündungen der Ems von *S. J. Keuchenius* und auf die Beschreibung und Anpreisung derselben des Herrn etc. *van Rhyn* einen Schatten zu werfen sucht.

Es ist hier nicht der Zweck und Ort zu einem schiedsrichterlichen Urtheil über die Behauptung beider Partheien. Es genüge, zu sagen, dafs die *Visser-Harnak*sche Carte, zwar keineswegs fehlerfrei, und nicht besser, als die Holländischen und Englischen Seecarten, aber doch etwas besser, als die

vorhin bemerkte Carte des *J. L. Ruil* etc. ist und, in Ermangelung einer besseren, von den hiesigen, so wie auch von holländischen Schiffern, als zureichend, häufig gebraucht wird.

Es giebt auch noch englische Seecarten von den Mündungen der Ems und der übrigen Ströme an der Holländischen und Deutschen Küste der Nordsee, die man bei den englischen Schiffern häufig findet; so dafs auch diese Carten practische Brauchbarkeit haben, ungeachtet sie, gleich den holländischen, deutschen und dänischen Küstencarten nicht absolut fehlerfrei sein werden.

In der neusten Zeit sind mehrere Blätter von der durch den Königlich-Hannöverschen Ingenieur-Premier-Lieutenant Herrn *A. Papen* angekündigten Carte vom Königreich Hannover im Druck erschienen, und es erscheinen deren jetzt noch fortwährend in einzelnen Blättern. Mehrere dieser Blätter stellen die Mündungen der Ems, die Stadt Emden und die Umgegend vor. Obgleich diese Blätter vor den Mündungen der Ems auch die Insel Borkum, deren Feuerthurm, die ausgelegten Seetonnen, die Kaayen, und Baaken, nebst den Tiefen des Fahrwassers in Zahlen angeben, so sind sie doch nicht zum Gebrauch für Seeschiffer eingerichtet und bestimmt. Die Blätter No. 10. mit der Überschrift: „Emden" und No. 3. mit der Überschrift: „Norderney" dienen vorzüglich dazu, um das in der vorliegenden Schrift abgehandelte Terrain deutlich zu übersehen, weshalb ich hier diese Carten dem Leser empfehle. Die äufsere Eleganz des Stichs und Drucks der *Papen*schen Carte läfst nichts zu wünschen übrig, und es ist zu erwarten, dafs der innere Werth, hinsichtlich der richtigen Lage, nach geographischer Länge und Breite der Haupt-Örter, so wie des topischen Details, dem eleganten Äufsern gleichkommen werde.

Ebenso wenig wie die *Papen*sche Carte sind die früherhin von *Lecoq* und *Campe* herausgegebenen Carten von Ostfriesland zu den eigentlichen Seecarten zu rechnen, weshalb wir sie auch mit allen übrigen der Art hier übergehen. Auch die durch den Königlich-Hannöverischen Ingenieur-Major etc. Herrn *W. Müller* im Jahre 1821 herausgegebene General-Post- und Wegecarte des Königreichs Hannover und die von demselben Verfasser im Jahre 1818 herausgegebene „Chorographische Carte des Königreichs Hannover, Grofs-„herzogthums Braunschweig" u. s. w. sind keine Seecarten.

§. 15.

Das Lootsenwesen, nebst Plan zur Bildung, Einrichtung und Stationirung desselben (mit der Anlage *A.*).

Das Lootsengeschäft auf der Ems ist bisher theils von Ostfriesen, theils von Niederländern ausgeübt worden, die theils in Emden und auf den Inseln Borkum, Juist und Nordernei, theils in Delfzyl und andern Niederländischen Küsten-Örtern wohnen. Da das Lootsenwesen aber ein freier Nahrungszweig der Bewohner von Ostfriesland war und bisher kein verantwortliches, unter Aufsicht des Staats stehendes Lootsencorps existirte, so thaten ausländische Schiffer und Fischer, besonders die Blankeneser Ever-Schiffer, den hiesigen Lootsen vielen Abbruch und übertheuerten entweder die in Noth befindlichen Schiffer aufs unbarmherzigste im Preise, oder überliefsen sie ihrem Schicksale, weil keine bestimmte Lootsentaxe existirte und sie zum Lootsen nicht *verpflichtet* waren. Hierdurch wurde den hiesigen Einwohnern viel Geld entzogen, und ging ins Ausland.

Seit einer langen Reihe von Jahren, und besonders so oft Unglücksfälle von Bedeutung vorkamen, wurde die Errichtung eines gesetzlich organisirten, verantwortlichen Lootsencorps bei der Provinzial-Behörde immer wieder in Anregung gebracht, die Nothwendigkeit desselben wurde von den Rhedern, Schiffern und Behörden anerkannt, und es wurden Vorschläge dazu gemacht; aber sie scheiterten gewöhnlich an folgenden Klippen:

1. Die Ostfriesischen Schiffer wollten sich den Abgaben nicht gern unterwerfen, weil sie das Fahrwasser kannten und keiner Lootsen bedurften. Diesen Beschwerden sollte dadurch abgeholfen werden, dafs Ostfriesische Schiffe, die über die Watten fahren und nicht die Seegaten zwischen den Inseln aus- oder einlaufen, so wie alle Torf-, Stein- und Ballastschiffe, imgleichen die, welche nur 5 Fufs tief ins Wasser gehen, gar nichts, die übrigen in See gehenden und mit Producten beladenen Schiffe die Hälfte, die mit Stückgütern fahrenden aber, so wie die Ausländer, das ganze Lootsengeld bezahlen sollten.
2. Scheint es nicht allein dem Interesse der Schiffer, sondern auch dem der Rheder und Kaufleute in Emden zuwider gewesen zu sein, eine neue Abgabe zu erlegen, ungeachtet sie wohl diese Ausgabe auf die Fracht und die Waaren geschlagen haben würden, die der Käufer der Waaren dann bezahlen mufste. Durch die mehrere Sicherheit der Schiffe würden

sich aber auch die Assecuranzprämien vermindert haben; welches wieder dem Interesse der Assuradeurs zuwider war.

Hieraus entstand denn nothwendig eine Verminderung der Einnahme an Lootsengeld, so dafs der Staat einen bedeutenden jährlichen Zuschufs hätte leisten müssen, wozu er aus obigen und andern Ursachen sich nicht für verpflichtet hielt, indem sich die Anstalt billigerweise hier eben so selbst erhalten kann und mufs, wie in andern Staaten, namentlich im benachbarten Oldenburgschen, Bremenschen und Hamburgschen Gebiete, wo auf der Weser und Elbe Lootsencorps und Lootsboote sind, oder wie in Holland.

Ein im Jahre 1823 von der kaufmännischen Deputation in Emden über die präsumtive künftige Einnahme und Ausgabe, die bei einem zu errichtenden, unter Aufsicht des Staats stehenden verantwortlichen Lootsencorps Statt finden würde, aufgestellter Vorschlag, so wie zur Bildung eines Lootsentarifs (man sehe die Anlage *A.*), ergab ein jährliches Minus der Einnahme von 2000 Thlr., indem die Ausgabe auf 5000 und die Einnahme auf 3000 Thlr. berechnet war; die ersten Anlagekosten für Schiffe etc. nicht mitgerechnet. Hiebei schien man aber angenommen zu haben, dafs das Lootsencorps gleich so vollständig organisirt werden sollte, als es vielleicht für frequente Handelsperioden nöthig gewesen wäre. Da aber eine solche Periode leider! noch nicht da ist, so läfst sich bis dahin auch recht gut die Anzahl der Lootsen, welche eine feste Einnahme haben sollen, und dadurch die Ausgabe vermindern; so wie auch die jetzigen wohlfeileren Preise der Dinge die Ausgabe verringern würden.

Nach der damals angestellten approximativen Berechnung wurde die Einnahme von den von 1770 bis 1780 ein- und ausclarirten Schiffen so angeschlagen, dafs von 780 Emder und Ostfriesischen Schiffen und von 259 fremden, also von 1039 Schiffen, die einclarirt waren, . 13 435 Gulden — Stbr.
und von 974 Emder und Ostfriesischen Schiffen, so wie von 274 fremden, mithin von 1248 Schiffen, die ausclarirt waren, ... 14 405 - 15 -

Zusammen 27 840 Gulden 15 Stbr.

Holländische Gulden oder in Conv. Münze . . . . . 15000 Thlr.
in 10 Jahren, also jährlich . . . . . 1500 -
einkommen würden. Eben so viel sollten die von und nach Delfzyl und andern Häfen gehenden Schiffe einbringen, also . . . . 1500 -

Mithin zusammen. 3000 Thlr.

Der Tarif, nach welchem die mit Waaren beladenen Schiffe, nach Maafsgabe der Tiefe, die sie beladen ins Wasser gehen, das Lootsengeld bezahlen sollten, war folgender:

Von 5	bis	8	Fufs	tief	gehend	auf	den	Fufs	2½	Gulden holländ.
9	–	–	–	–	–	–			3	– –
10	–	–	–	–	–	–			3½	– –
11	–	–	–	–	–	–			4	– –
12	–	–	–	–	–	–			4½	– –
13	–	–	–	–	–	–			5½	– –
14	–	–	–	–	–	–			7	– –
15	–	–	–	–	–	–			8½	– –
16	–	–	–	–	–	–			10½	– –
17	–	–	–	–	–	–			13	– –
18	–	–	–	–	–	–			16	– –
19	–	–	–	–	–	–			20	– –
20	–	–	–	–	–	–			25	– –

Tiefer gehende Schiffe sollten auf den Fufs 8 bis 15 Gulden holländ. mehr bezahlen.

Hiebei ist zu bemerken, dafs wegen der jetzigen Verschlammung des Fahrwassers keine Schiffe von 20 Fufs Tiefe in Emden und selbst nicht in die Ems bei Borkum einlaufen können, sondern nur Schiffe von etwa 12 Fufs, und nach künftiger Verbesserung des Fahrwassers von etwa 16 Fufs Tiefe.

Nimmt man obige, aus 10 theils guten theils schlechten Schiffahrtsjahren abstrahirte Mittelzahl der Einnahme von 3000 Thlr. als wahrscheinlich an, was füglich besonders dann geschehen kann, wenn auch die Niederländischen Schiffe sich unserer Lootsen ebenso wie unseres Feuerthurms bedienen und sich die Abgaben gefallen lassen, und wenn Handel und Schiffahrt wieder aufblühen, so mufs man bis dahin, dafs diese Periode eintritt, die Ausgaben auf das Nothwendigste beschränken; und diese würden etwa folgende sein.

1. Die Lootsen-Commission, die aus bereits besoldeten Staatsdienern vom Amte und Magistrate, aus Baubeamten und Navigationslehrern der Stadt Emden bestehen würde, kann für die vom Staate ihnen verliehene Besoldung für ihre örtlichen und häuslichen Geschäfte in der Stadt selbst, mit Ausnahme etwaiger Reisen und baaren Auslagen, dies Geschäft, als Ehrenamt, gratis mit versehen und erhält daher Nichts. . . . . .

2.	Für Copialien etc. etwa	100 Thlr.
3.	Dem Lootsencommandeur	300 –
4.	3 Oberlootsen, monatlich 15 Thlr., thut jährlich	540 –
5.	8 Lootsen, monatlich 13 Thlr., thut jährlich	1248 –
6.	3 Jungen, monatlich 8 Thlr., thut jährlich	288 –
7.	Für die Erhaltung der Lootsenschiffe etc.	200 –
8.	Für Assecuranz derselben	150 –
9.	Für Feuer und Licht und unbestimmte Ausgaben	174 –
	Zusammen jährliche Ausgaben	3000 Thlr.

Es folgt also, dafs im Durchschnitt, ein Jahr ins andere gerechnet, kein Ausfall von 2000 Thlr. Statt finden kann.

Für die jetzige Frequenz der Schiffahrt ist das angesetzte Personal hinreichend. Nimmt aber die Schiffahrt zu, so vermehrt sich auch die Einnahme, und es kann für den Überschufs die nöthige Anzahl von Reservelootsen gehalten werden, die nicht in Jahrgehalt stehen, sondern nur dann bezahlt werden, wenn sie Dienste leisten. Sobald aber dies nöthig ist, ist auch die Einnahme gröfser, und wird hinreichen, die Mehrausgabe zu bestreiten. Beim Ableben eines mit festem Gehalt angestellten Lootsen würden die Reservelootsen in ihre Stelle treten; für welche Hoffnung schon mancher unversorgte Matrose es sich gefallen lassen würde, gegen Tagelohn immer zum lootsen bereit zu sein, da er es jetzt, ohne diese Aussicht, schon für den Tagelohn ist.

Für das obige Personal wären nun folgende Schiffe anzuschaffen, die bei der jetzigen Schiffahrt hinreichen würden:

1.	Eine grofse seefähige Lootsenschuite zum Kreuzen in den Emsmündungen für	2000 Thlr.
2.	Eine mittlere dergleichen	1200 –
3.	Eine grofse Schaluppe mit Deck und Segel, nebst einigen Booten	300 –
	Thut zusammen	3500 Thlr.;

für welche Summe bei jetzigen Preisen der Norderneier Fischerschuiten und anderer kleinerer Fahrzeuge gewifs brauchbare Schiffe zu haben wären.

Der leichteste Weg, und welcher am ersten zum Ziele führen würde, wäre wohl der, dafs gegen Überlassung der Einnahme nach einem bestimmten Tarif, dem die Schiffe gesetzlich unterworfen werden müfsten, eine Actien- oder Rhederei-Gesellschaft sich bildete, die das Lootsenwesen unter ihrer Verantwortlichkeit durch sachkundige Lootsen für die Einnahme auf ihre Kosten ausführte.

Wenn sämmtliche Schiffs-Assecuranz-Compagnieen Ostfrieslands zusammenträten und aus ihren Mitteln auf gemeinschaftliche Kosten ein Lootsencorps aus gedienten hiesigen Seeleuten errichteten und unterhielten, so würden auf diesem Wege die Fonds am ersten aufzubringen und eine etwaige Einbufse, die nur selten stattfinden könnte, würde für eine so grofse Actiengesellschaft ganz unmerklich sein.

Da sich in diesem Jahre in Emden eine Ems-Dampfschiffahrts-Gesellschaft gebildet hat und Willens ist, ein oder einige Dampfboote anzuschaffen, um mit denselben zwischen Emden und Delfzyl, so wie nach den Inseln Nordernei, Borkum etc., imgleichen die Ems aufwärts bis Leer zu fahren, auch Schiffe bugsiren zu lassen: so würde diese Gesellschaft vielleicht geneigt sein, das Lootsenwesen in den Mündungen der Ems zu übernehmen.

Könnte man alle Summen berechnen, die durch gänzlich verunglückte, oder beschädigte Schiffe seit 100 Jahren aus Mangel eines gesetzlich verantwortlichen Lootsencorps verloren gingen, so wie die Summen, welche fremde Lootsen, vorzüglich die Blankeneser Ever, jährlich von der Ems mit nach Hause nehmen und die sie in der Noth den Schiffern abpressen, so würde eine weit bedeutendere Summe herauskommen, als die so eben berechneten Kosten.

Ein jeder Strom und Hafen, der hinreichende und gute Lootsen hat, steht auch in gutem Rufe, wird desto mehr besucht und hat davon directen und indirecten Nutzen. Es ist also in jeder Hinsicht zu wünschen, dafs es bald gelingen möge, ein tüchtiges Lootsencorps ins Leben treten zu lassen. Wir stehen jetzt in diesem Puncte den Nachbarstaaten Holland, Oldenburg, Bremen, Hamburg u. s. w. nach.

§. 16.

Bemerkungen über die Navigationsschule zu Emden, nebst Plan zur verbesserten Einrichtung derselben. (Anlage *B.*)

Zu den nützlichen Instituten, deren Verbesserung unserer jetzigen Regierung und namentlich der eifrigen Fürsorge des verstorbenen Landdrosten *von Vangerow* für alle Lehr-Anstalten zu verdanken ist, gehört auch die Navigationsschule zu Emden.

Seit dem Jahre 1782, wo sie zuerst von der Stadt errichtet wurde, existirte zwar eine ähnliche Anstalt, die besonders durch den verstorbenen, sehr geschickten und beliebten Lector *Voorn* gehoben wurde, aber der Unter-

richt wurde nicht in der Ausdehnung ertheilt, wie ihn jetzt der Plan vorschreibt; auch wurde er nicht, wie jetzt, auf das Gymnasium mit ausgedehnt; was doch für die Schüler desselben, wenn sie auch keine Seeleute werden, von grofsem Nutzen und für jeden Stand unentbehrlich und der übertriebenen Erlernung alter Sprachen bei weitem vorzuziehen sein dürfte.

Nach dem Tode des geschickten Lectors *Voorn*, dessen Andenken uns sehr werth ist, wurde im Jahre 1822 ein sehr gelehrter Mathematiker, Herr etc. *Schröder* aus Bielefeld, Lehrer an diesem Institute, dem er aber leider nur 8 Monate vorstand, indem er bei seinen starken Geistes-Anstrengungen einer Gemüthskrankheit unterlag. Nach dessen Tode trat der jetzige Lehrer, Herr Capitain *Begemann*, im Jahre 1823 an seine Stelle.

Der verstorbene Herr Landdrost *von Vangerow* beehrte mich damals mit dem Auftrage, einen Plan zur verbesserten Einrichtung der Navigationsschule zu entwerfen; welches ich denn auch nach dem Muster des Plans der Hamburger Navigationsschule that. Aus dem beiliegenden Plane *B.* ist die von mir vorgeschlagene Einrichtung der Schule ersichtlich. Sie ist auf die Bildung vollendeter Marine-Officiere nicht berechnet; was aber auch nicht unsere Absicht war, indem wir keine auf Kosten des Staats errichtete Marine an den Küsten der Nord- und Ostsee Deutschlands besitzen. Erst in den letztverflossenen Jahren, nach Errichtung des Deutschen Zollverbandes, ist in öffentlichen Blättern im Allgemeinen von einer Deutschen Marine die Rede gewesen, und im Juli 1843 ist zu Stettin die erste Corvette von 14 Kanonen von Seiten Preufsens erbaut worden. Die im Plane vorgeschlagene Schule würde indefs geeignet sein, hinreichend geschickte und brauchbare Steuerleute und Capitains für Kauffahrer zu bilden; wie es eine 20jährige Erfahrung von 1823 bis 1843 lehrte.

Die Navigationsschule besteht jetzt ganz auf Rechnung des Staats, welcher auch mit gewohnter Munificenz für die nöthigen Haupt-Instrumente und sonstigen Bedürfnisse sorgt. In diesem Institute besitzt also Emden eine Anstalt, welche zur theoretischen und practischen Ausbildung seiner Steuerleute, Schiffer und Lootsen ganz geeignet und auch Auswärtigen zu empfehlen ist, die dann bei der verbesserten Einrichtung des dortigen Gymnasiums auf diesem auch Gelegenheit finden, in Sprachen, im Zeichnen, Malen und andern Kenntnissen sich auszubilden. Der Erfolg hat es bewiesen, dafs seit der im Jahre 1823 geschehenen Verbesserung der Navigationsschule die Anzahl der Schüler nach und nach zugenommen hat.

Im Jahre 1824 hatte die Schule bei ihrer Eröffnung 7 Schüler, sämmtlich aus Emden.

Im	Jahre	1825	.	.	.	13	Schüler,
–	–	1826	.	.	.	30	–
–	–	1827	.	.	.	43	–
–	–	1828	.	.	.	42	–
–	–	1829	.	.	.	23	–
–	–	1842	.	.	.	48	–

Von diesen Schülern werden diejenigen, welche das Examen gut bestehen und Prämien erhalten, jährlich im Amtsblatt genannt, so dafs sie alsdann als Steuerleute angestellt werden können; was in der Regel sehr bald der Fall ist, da die Ostfriesischen Seeleute in gutem Rufe stehen und nicht allein in ihrem Vaterlande, sondern auch in Holland etc. Anstellung finden, ungeachtet es dort brave und gut unterrichtete Seeleute giebt. Eine solche Auszeichnung ist ehrenvoll für unsere Ostfriesischen Seeleute und Unterrichts-Anstalten. Zu Papenburg wurde im Jahre 1840 ebenfalls eine Navigationsschule gegründet, welche im Jahre 1842 22 Schüler hatte.

In frühern Zeiten wurden die Steuerleute und Schiffer blofs empyrisch gebildet. Nach vielen gegründeten Klagen über die Unwissenheit der Steuerleute und Lootsen aber, durch welche manches Schiff verunglückte, wurde 1780 diesem Übel zuerst abgeholfen. Es ist wünschenswerth und nicht zu bezweifeln, dafs das Institut in Emden stets werde aufrecht erhalten werden, um nicht blofs auf empyrische Schiffer beschränkt zu sein, welche unfähig sind, ein Schiff nach der Carte und dem Compas nach entfernten Häfen sicher zu führen. Wie wichtig ein gut unterrichteter und dabei zugleich erfahrener Steuermann sowohl für das Leben des Schiffsvolks, als für das Eigenthum der Rheder und Kaufleute sei, weifs Jeder. Darum ist von jeher die Nautik bei allen grofsen Handelsnationen in Ehren gehalten und befördert worden; wie es England, Holland, Frankreich, America und andere Staaten beweisen, die durch Handel und Schiffahrt wohlhabend, stark und reich geworden sind.

Siebenter Abschnitt.

Fortsetzung der Beschreibung der Schiffahrts-Anstalten in Ostfriesland.

Ich theile noch in den folgenden Blättern den Lesern den zweiten und letzten Abschnitt der vorliegenden Materie mit, über welche ich schon in meiner Abhandlung über die Hafen- und Schiffahrts-Anstalten zu Emden manches im Allgemeinen gesagt habe, was die ganze Provinz Ostfriesland betrifft.

In meinen frühern Abhandlungen über die Hydrographie und die Entwässerungs-Anstalten etc. Ostfrieslands habe ich bereits mehreres Sachdienliche mitgetheilt. Man findet es im 13ten, 14ten und 16ten Bande dieses Journals. Der Complexus dieser Abhandlungen bildet zwar keine systematisch geordnete historisch-hydrographische Beschreibung von Ostfriesland, giebt aber eine, wenn auch nur kurze, so doch aus der Erfahrung und dem Leben genommene, mithin wahre Übersicht von der Lage und Beschaffenheit der hydrotechnischen und nautischen Anlagen dieser Gegend. Nur die Beschreibung der See- und Stromdeiche fehlt; über welche man aber viele Data in den hiesigen neuesten geographischen und statistischen Werken von *Friedrich Arends* u. s. w., so wie in öffentlichen Blättern finden kann, auf welche ich verweise.

In meinem herannahenden Alter habe ich, nach 40 mühsam durcharbeiteten Dienstjahren, die Kraft nicht mehr, lange anhaltende Arbeiten der Art zu machen. Ich überlasse sie meinen jüngern Herren Amtsgenossen und beschliefse mit dem folgenden Abschnitt diese Materie.

Leer in Ostfriesland im Jahre 1844.

An den Seeküsten, den Strömen und Flüssen Ostfrieslands giebt es, aufser den bei Emden befindlichen, die wir bereits in einer besondern Abhandlung beschrieben haben, noch mehrere Schiffahrts- und Entwässerungs-Anstalten, welche zugleich als Häfen dienen, und wo Schiffe, theils laden und löschen, theils zugleich überwintern können.

Die an der Nordseeküste Ostfrieslands, von der Oldenburgschen Grenze, der Insel Wangerooge gegenüber, westwärts nach Emden zu liegenden Syhle oder Entwässerungsschleusen bilden zum Theil Häfen, von welchen einige wegen des Handels mit Landesproducten nicht unwichtig sind. Wir wollen sie hier der Reihe nach, wie sie auf einander folgen, durchgehen.

I.

Zunächst findet sich *Carolinensiel*, an der Oldenburgschen Grenze, der Oldenburgschen Insel Wangerooge gegenüber, auf welcher ein Feuerthurm steht. Dieser Syhl oder Entwässerungsschleuse, ist durch den seewärts daran liegenden Friedrichsgroden zum Binnensyhle geworden. Die äufserste Seeschleuse ist die Friedrichsschleuse, welche 1765 massiv erbaut wurde und 20 Fufs im Lichten weit ist. Diese Schleuse hat oben eine doppelte Zugbrücke, so dafs auch Seeschiffe, die durch die obige Weite passiren können, etwa bis zu 50 Lasten, mit stehenden Masten hindurchfahren können; was bei den übrigen Syhlen nicht der Fall ist, die entweder gewölbte oder Balkendecken haben. In der Hinsicht, dafs Schiffe im Hafen innerhalb des Deichs sicher sind, aufserhalb jedoch nicht überwintern können, hat Carolinensiel Vorzüge vor den übrigen Syhlen. Der Hafen zu Carolinensiel ist ziemlich geräumig; er ist mit Kajungen eingefafst und rundum mit guten Häusern bebaut. Carolinensiel ist, nächst Emden, Norden, Leer und Weener, der bedeutendste Handelsort in Ostfriesland. Der Ort zählt etwa 1000 Einwohner, ungeachtet erst im Jahre 1729 der Groden eingedeicht wurde. Er ist durch den Handel schnell emporgekommen. Carolinensiel ist der Haupt-Ausfuhrhafen für das Amt Wittmund. Der Transport der Landesproducte wird durch das Syhltief oder den Binnen-Canal, der von Wittmund bis Carolinensiel, zwei Meilen lang, im Lande für kleine Binnenschiffe fahrbar ist, sehr erleichtert; daher ist zu Carolinensiel oft ein lebhafter Handelsverkehr mit Landesproducten, der nach Amsterdam, London, Bremen, Hamburg u. s. w. geht. Die Ausfuhr besteht vorzüglich in Rapsamen, Weizen, Butter und Käse, Hafer, Gerste, Bohnen und Roggen, Dachziegeln und Mauersteinen u. s. w.; die Einfuhr besteht aus Colonial- und andern seewärts herkommenden Waaren. Im Jahre 1843 liefen, zufolge officieller Bekanntmachung in No. 34. des Ostfriesischen Amtsblatts vom 26ten April 1844, zu Carolinensiel 191 Schiffe mit 2764 Lasten von 4000 Pfd. ein, und 193 Seeschiffe mit 2676 Lasten aus. Hieraus läfst sich auf die Lebhaftigkeit des Handels von Carolinensiel, welches das gröfste Dorf an der Seeküste Ostfrieslands ist, schliefsen. Der Handel wird hier für Rechnung, theils der dortigen, theils der Kaufleute zu Wittmund getrieben. Carolinensiel hat eine Öl- und mehrere Geneverfabriken, und ist ein freundlicher, lebhafter Ort. Bei der eine Viertelstunde mehr seewärts gelegenen Friedrichsschleuse, die in der vordersten Seedeichlinie liegt, ist zwar auch schon seit 1765 eine Anzahl Häuser entstanden,

die von 281 Menschen bewohnt werden, jedoch ist der Handel dort nicht von Bedeutung, im Vergleich mit dem von Carolinensiel.

Der Flecken Wittmund, der Hauptort des Amtes gleiches Namens, mit etwa 1700 Einwohnern und 283 Häusern, treibt einen nicht unbedeutenden Seehandel über Carolinensiel, mit Landesproducten, für welchen das von Wittmund nach Carolinensiel gehende Syhltief oder der Abwässerungscanal, die Harle, der Productenfahrt sich darbietet und nach welchem von Wittmund aus ein Canal gegraben worden ist. Bei hohem Wasser können Schiffe von 20 bis 25 Lasten, bei niedrigem Wasser von 6 bis 8 Lasten bis Wittmund kommen. Aufser dem Productenhandel zur See, treibt Wittmund, wie Weener, einen ansehnlichen Handel mit Pferden, fettem Vieh u. s. w. Im Jahre 1804 wurde der Plan entworfen, den von Emden nach Aurich im Jahre 1789 gegrabenen Treckfahrtscanal bis Wittmund zu verlängern; man schlug die Anlagekosten auf 186 032 Thlr. an. Im Jahre 1820 ist das Project wieder geprüft, aber es ist bis jetzt nicht ausgeführt worden. In meiner Schrift: „Der Deutsche Handelscanal etc., Leer bei J. C. Mäcken, 1817" S. 68 u. s. w. §. 7. und S. 215 §. 19. habe ich die Haupt-Ergebnisse über die Treckfahrt von Emden nach Aurich und über deren Fortsetzung von Aurich nach Wittmund etc. aus authentischen Quellen dargestellt; worauf ich mich beziehe, um mich nicht zu wiederholen.

II.

Zunächst westwärts von Carolinensiel liegt der *Neuharlinger Siel,* welcher 1785 von Ziegelsteinen neu erbaut wurde und 20 Fufs im Lichten weit und überwölbt ist. Er hat einen ziemlich geräumigen Hafen für die Wattenfahrer, der, ohne Vorland zu haben, unmittelbar an der Küste liegt.

Die Einwohner dieses nicht unbeträchtlichen Dorfs, von etwa 400 Seelen, treiben Handel mit Landesproducten u. s. w., wie Carolinensiel, jedoch nicht in solchem Umfange.

Da der Syhl überwölbt und keine Schiffahrts- sondern eine Entwässerungsschleuse ist, so können keine Schiffe mit stehenden Masten hinein fahren. Die Schiffe müssen aufserhalb des Syhles in der Muhde oder dem Fahrwasser laden und löschen. Dieser Umstand ist beschwerlich für alle Schiffe, die bei den Syhlen überwintern müssen, indem sie wenigstens hohen Sturmfluthen und Eisgängen Preis gegeben sind; was in den Binnenhäfen nicht der Fall ist, die see- oder stromwärts durch Deiche und Schleusen geschlossen sind. Diese Bemerkung trifft die nachfolgenden Syhle sämmtlich, die, so günstig auch einige

für den Handel liegen mögen, wie z. E. Greetsiel, doch die Vortheile eines gegen Sturmfluthen und Eis sichern Binnenhafens nicht haben, wenn auch bei günstigen Jahreszeiten mehrere Schiffe dort überwintern. Wenigstens kommen häufig Fälle vor, dafs Schiffe bei Sturmfluthen von ihren Ankern und Tauen losgerissen und auf die Seedeiche geschleudert werden, welchen sie dann die Gefahr des Durchbrechens zuziehen, wo sie dann, wenn es sich thun läfst, öfters in der Noth versenkt werden müssen. Dem Neuharlinger Syhle werden die Landesproducte auf den Binnentiefen in Booten und kleinen Fahrzeugen zugeführt; theils auch wohl werden sie zu Wagen dort hingebracht. Die Einwohner des Amts Esens bringen zum Theil ihre Producte nach Neuharlingersiel. Im Jahre 1843 liefen, zufolge amtlicher Bekanntmachung, zu Neuharlingersiel 38 Schiffe mit 552 Lasten ein, und 52 Schiffe mit 753 Lasten aus.

Die Entwässerungen vom Friedrichs- und Neuharlinger Syhle gehen in die sich seewärts ziehenden Balgen oder Aufsentiefe durch das bei der Ebbe trocken werdende Watt, und zwar die erstere durch die Balge zwischen den Inseln Wangerooge und Spiekerooge, welche die Harle heifst, die letztere durch die Otzumer Balge zwischen den Inseln Spiekerooge und Langerooge; wie es die Campesche Carte von Ostfriesland zeigt, auf welche ich mich beziehe und keine besondere Carte beifüge.

Die Harle bei Wangerooge scheint die Mündung eines ehemaligen, aus dem Harlingerlande gekommenen Binnenflusses zu sein, welcher nach der Eindeichung und Einpolderung der Küste als Binnen- oder Syhltief zwischen Wittmund und Carolinensiel in seinen Überresten noch vorhanden ist. Den Ostfriesichen Geschichtsforschern und Geographen zufolge ging vor etwa 200 Jahren ein Meerbusen, der sogenannte Harlbusen, tief in das Amt Wittmund hinein, so wie in das Amt Esens und das Jeverland. Die Entstehung dieses Busens ist unbekannt. *Friedrich Arends* sagt in seiner Erdbeschreibung von Ostfriesland, ein gewisser *Ulrich von Werdum* bemerke über den Harlbusen: „dafs „sich das feste Land der Benser und Seriemmer gegen Norden bis zu den Inseln „Langerooge und Spiekerooge hinausstreckte, die nur durch einen kleinen Bach „von demselben getrennt waren, der so schmal war, dafs die Einwohner ein „Brod auf der Ofenschaufel sich gegenseitig hinüberreichen konnten; wie auch „jetzt noch dort die Sage gehe."

Man sieht hieraus, wie stark die Ostfriesischen Küsten oder Inseln durch die, besonders zwischen Norwegen und Schottland hindurch, so wie in dem Canal zwischen Frankreich und England aus dem Ocean täglich auf sie ein-

strömende Fluth seit einigen Jahrhunderten abgenommen haben; denn jetzt ist die Insel Spiekerooge in gerader Entfernung etwa 1 Meile oder 2000 rheinl. Ruthen vom festen Lande beim Neuharlingersiele entfernt. Sind nach der Vermuthung des verstorbenen Cammerraths *Freese* S. 244 seines „Ostfries- und Harlingerlandes" die Ostfriesischen Inseln etwa im 13ten Jahrhundert vom festen Lande abgerissen worden, so beträgt, weil sie jetzt, nach 600 Jahren, 2000 Ruthen davon entfernt sind, der jährliche Verlust zwischen dem Festlande und den Inseln im Durchschnitt $3\frac{1}{3}$ Ruthen Rheinländisch, oder etwa 40 Fufs. Dies ist etwa halb so viel, als der jährliche Verlust der Insel Baltrum an der Westseite, die, wie die übrigen Ostfriesischen Inseln, von Westen nach Osten hinübergeschoben wird, und welchen *Oltmanns* nach seinen Beobachtungen auf $7\frac{1}{2}$ Ruthen rheinl. oder 90 Fufs jährliche Abnahme anschlägt (S. dessen Ostfriesischen Calender vom Jahre 1824), und weit mehr, als der Verlust an der Holländischen Küste zwischen den Mündungen der Maas und dem Haag, den *Wiebeking* in seiner allgemeinen Wasserbaukunst auf 1 Ruthe oder 12 Fufs Rheinländisch im jährlichen Durchschnitt schätzt. Auf ähnliche Weise nahmen jährlich die übrigen Ostfriesischen Inseln Borkum, Juist, Nordernei, Baltrum und Langerooge ab, und wichen durchgehends von Westen nach Osten über. Sie werden nach einigen Jahrhunderten, wie ehemals die Inseln Band und Buise bei Nordernei, wahrscheinlich verschwunden sein. Ob und was hiegegen zu thun sei, gehört nicht hierher. So viel ist gewifs, dafs der Schutz, den die Inseln der Küste etwa jetzt noch gewähren, mit der Zeit abnimmt, und dafs also die Strecken der Ostfriesischen Nordseeküste, die, den Nord- und Nordwestwinden meistens ausgesetzt, im Abbruche begriffen oder nicht durch Fufsholzungen geschützt sind, wie die vom Norddeiche bei Norden bis zur Knock unweit Emden herabwärts, theils mit Steindossirungen, theils mit Buschhäuptern, oder mit mehr vorspringenden Werken gedeckt werden müssen, welche einige 100 Ruthen vor den Deich im rechten Winkel gegen denselben hinausragen und die dann etwa das Vierfache ihrer Länge durch Abhaltung der Fluth- oder Ebbeströme vom Ufer schützen, das Watt erhöhen und Anwachs hervorbringen werden. Eine genaue hydrographisch-nivellitische Küstencarte, von der Oldenburgschen Grenze, Wangerooge gegenüber, anfangend, bis Emden, mit den Längennivellements der Deichlinie und mit Querprofilen der Deiche, wird zur Beurtheilung und Projectirung solcher Anlagen, so wie in mancher andern Hinsicht, höchst nöthig sein, da die vorhandenen geographischen und nautischen Carten dazu nicht hinreichen. Es ist sehr zu wünschen,

dafs eine solche Carte von der Seeküste, und eine von der Ems, die Strecke von Halte bis Emden ebenfalls noch aufnehmende nivellitisch-hydrometrische Carte baldigst verfertigt und derjenigen angeschlossen werden möchte, welche von der Stadt Rheina, unterhalb der Hannöversch-Preufsischen Grenze, bis Halte, in den Jahren 1817 und 1818 zur Schiffbarmachung der obern Ems unter meiner und des Professors *Oltmanns* Leitung aufgenommen worden ist.

Die Harrel scheint ein kleiner Flufs gewesen zu sein, welcher zwischen Spiekerooge und der Insel Wangerooge, die einen Feuerthurm hat, ins Meer fiel, und der sich vielleicht in zwei Arme theilte und Inseln bildete, welche die Fluthen nachher abspülten und verschlangen. Die Zeit, wo dies geschah, ist unbekannt; ebenso die Zeit der ersten Bedeichung des Harlbusens. Die ersten bekannten Bedeichungen des dortigen Grodenlandes geschah 1547 an der Jeverschen Seite; in Ostfriesland aber erst im Ausgange des 16ten Jahrhunderts, bei Funix und Wirdum. Nächstdem nahm der Anwachs in diesem Busen schneller zu; so dafs er nun völlig wieder eingedeicht ist. Durch die Sturmfluth vom 3ten zum 4ten Februar 1825 wurde der zwischen der Friedrichsschleuse und dem Neuharlinger Syhle liegende Seedeich des Schweringrodens rasirt, ist aber in den folgenden Jahren wieder hergestellt worden.

Nach dieser Abschweifung kehren wir zu den folgenden Syhlen an der Nordseeküste zurück.

III.

Westlich vom Neuharlinger Syhle folgt zunächst der ***Benser Syhl***, im Amte Esens, etwa eine halbe Stunde von der Stadt Esens, der Insel Langerooge gegenüber. Er ist von Holz gebaut, 14 Fufs im Lichten weit, und eine blofse Abwässerungsschleuse. Das Aufsentief im Watt läuft in die Balge, die Accumer Ee genannt, und zwischen der Insel Langerooge und Baltrum in die See. Die Balge ist seicht und wird beim Ostwinde und bei der Ebbe oft ganz trocken; wie das Watt.

Die Stadt Esens hat hier ihren Hafen, bei welchem einige Häuser mit etwa 60 Einwohnern stehen. Es wird hier einiger Handel getrieben, und selbst nach der Insel Helgoland Heu von hieraus versendet. Die Stadt Esens, von 328 Häusern und 1900 Einwohnern, treibt ziemlichen Handel mit Landesproducten, die sie vom Benser und Neuharlinger Syhle aus versendet.

Nach dem Benser Syhle geht ein Binnencanal oder Syhltief, der mit Booten befahren wird. Aufserdem werden in der Stadt Esens Leinewand, Bier,

Genever, Ziegel und Dachpfannen u. s. w. fabricirt. Aufser vom Handel nähren sich die Einwohner von städtischen Gewerben und vom Ackerbau. Zu einer bedeutenden Schiffahrt und Hafenanstalt ist der Benser Syhl nicht geeignet, da Seeschiffe hier nicht überwintern können. Im Jahre 1843 liefen beim Benser Syhle 36 Schiffe mit 385 Lasten ein, und 35 Schiffe mit 357 Lasten aus.

IV.

Der *Wester-Accumer Siel* wurde im Jahre 1810 unter der Holländischen Regierung von Ziegelsteinen neu erbaut und dient zur Entwässerung. Er soll 50 000 Thlr. gekostet haben und ist, nach Holländischer Art, gut construirt. Er liegt, wie der Benser Syhl, der Insel Langeroge gegenüber, die ebenfalls in Abnahme begriffen und bereits in mehrere Stücke zerrissen ist; wie die Inseln Juist und Borkum.

Die Balge, oder das Aufsentief im Watt, durch welches diese beiden letztern Syhle auswässern, heifst die Accumer Ee und geht zwischen den Inseln Langerooge und Baltrum der See zu. Wester-Accumer Syhl, zum Kirchspiele gleiches Namens gehörend, mit 344 Einwohnern, macht mit dem westlich nahe daran liegenden Dornumer Syhle eine Ortschaft aus. Es ist hier ein ziemlich guter Handelsplatz und Hafen für Landesproducte, die auf den Binnencanälen dorthin gebracht werden. Im Jahre 1843 liefen beim Wester-Accumer Syhle 20 Schiffe mit 416 Lasten ein, und 37 Schiffe mit 685 Lasten aus.

V.

Der ganz nahe dabei gelegene *Dornumer* Syhl, in der Gräflich v. Münsterschen Herrschaft Dornum, ist von Holz, 13 Fufs im Lichten weit, und dient zur Entwässerung und zum Hafen. Es sind hier etwa 184 Einwohner. Sie treiben mit Landesproducten Handel, von welchem aber keine genauen officiellen Angaben vorhanden sind.

VI.

Auf obige Syhle folgen westwärts im Amte Berum der *Nefsmer* und der *Hilgenrieder Syhl.* Der erstere ist von Steinen erbaut, 12 Fufs im Lichten weit, und dient zur Entwässerung. Es wird auch hier einiger Handel mit Landesproducten getrieben. Im Jahre 1843 lief hier 1 Schiff mit 20 Lasten ein und 6 Schiffe mit 24 Lasten liefen aus.

Der östlich vom Lütelsburger Polder liegende hölzerne Hilgenrieder Syhl ist nur 5 Fufs im Lichten weit und dient zur Entwässerung. Beide Syhle

wässern in die sogenannte Wichterbalge oder Deep zwischen den Inseln Baltrum und Nordernei aus. Da das Watt zwischen dem Festlande und den Inseln bei der gewöhnlichen Ebbe trocken wird, so kann man vom Hilgenrieder Syhle aus auf einem dazu abgebaakten Wege zu Pferde und zu Wagen nach der wegen ihres Seebades berühmten Insel Nordernei gelangen. Jedoch fährt man dahin gewöhnlich vom Norddeiche, unweit der Stadt Norden, zu Schiffe. Vom Schiffsverkehr fehlen die officiellen Nachrichten.

Das tägliche Trockenwerden des Watts, während der Ebbe, zwischen den Inseln Juist, Nordernei, Baltrum, Langerooge, Spiekerooge, Wangerooge und der Küste, so wie die Beschaffenheit der meisten sogenannten Seegaten oder Öffnungen zwischen diesen Inseln, hindert die Fahrt gröfserer Schiffe auf den Watten, so dafs die grofse Schiffahrt nur durch die Mündungen der Oster- und Wester-Ems und durch das Hommegat ins Meer hinaus Statt finden kann. Nur Wattenfahrer von 20 bis 30 Lasten, die nicht über 5 bis 6 Fufs tief gehen, befahren während der Fluth die Watten oder den Strand zwischen den Inseln und dem Festlande; so dafs bei den bisher genannten Syhlen in der Regel nur die sogenannten Wattenfahrer Schiffahrt treiben können. Dieser Umstand beschränkt die Schiffahrt nach den Syhlen gewissermaafsen und überweiset die grofse Schiffahrt dem Emsstrom und der See, so wie den daran liegenden Orten.

(Die Fortsetzung folgt.)

15.

Einiges über Tunnels für Eisenbahnen.

(Aus dem Englischen.)

Vorbemerkung des Herausgebers des gegenwärtigen Journals.

Die Tunnels (deutsch *Stollen*) sind zwar, wo sie nothwendig, für Eisenbahnen ein wahres Übel, denn sie sind theuer zu bauen und unangenehm und gefährlich für die Passage; auch werden sie nach der Überzeugung des Herausgebers dieses Journals in der Folge wahrscheinlich immer mehr vermieden werden, wenn man erst dahin gelangt sein wird, nicht mehr, wie vergleichsweise bei den Chausséen vorzugsweise auf die Construction, bei den Eisenbahnen insbesondere nur mehr auf die Form und Befestigung der Schienen und andere in dem Bereich des Urtheils Vieler liegenden Dinge Rücksicht zu nehmen, sondern mehr auch auf die schwierigeren Aufgaben der Ausmittelung der Linie, der Vervollkommnung der Zugmaschinen und der Benutzung der zu Gebot stehenden bewegenden Kräfte, welche Aufgaben umfassendere practische und theoretisch-technische Kenntnisse erfordern, die nicht von Vielen, sondern nur von Einzelnen, selbst unter Denen, welche die Technik ganz zu ihrem Studium gemacht haben, zu verlangen sind: indessen werden Stollen auf Eisenbahnen vielleicht niemals ganz unvermeidlich sein, und für den Anfang wird man wahrscheinlich auch noch immer häufig von dem Mittel, durch einen Berg oder Hügel gerade hindurch zu gehen, Gebrauch machen, welches Mittel freilich näher liegt und leichter ist, als durch geschickte Umgehung, oder durch andere, noch weniger gewöhnliche Mittel, die Schwierigkeit zu überwinden. Daher dürfte es angemessen sein, dafs das gegenwärtige Journal auch die Ausführung der Eisenbahnstollen nicht übergehe, sondern von Zeit zu Zeit Das, was practisch zu sein scheint und was schon Erfahrungen ergeben haben, über diesen Gegenstand mittheile.

Wir beginnen mit Folgendem, was das Englische Journal für Ingenieure und Architekten in seinem Octoberheft 1844 über die „Practische Anweisung des Herrn *F. W. Simms* zum Tunnelbau" sagt und aus diesem Buche auszugsweise giebt, und was in der That ganz bemerkenswerth sein dürfte.

Aus dem Englischen Journal.

Es ist eine treffliche Gelegenheit für das Interesse seiner Wissenschaft, welche die *Ausführung* einem Ingenieure darbietet. Herr *Simms* war, wie manche andere Baumeister, mit der Ober-Aufsicht auf den Bau eines ansehnlichen Eisenbahnstollens beauftragt. Er machte hier sorgfältige und zahlreiche Aufzeichnungen während der Ausführung und kam dadurch in den Stand, sein vorliegendes, wirklich werthvolles Buch zu schreiben. Er würde, wie viele Andere, Mangel an Zeit, ein Buch zu schreiben, haben vorschützen und so den Mangel an Geschick und Fleifs haben bemänteln können, die nur zu oft der Grund der Unterlassung gleicher Bemühungen bei den mit grofsen Bau-Unternehmungen Beauftragten sind. Herr *Simms* hat zum Gewinn für sein Fach und, wie es mir scheint, für sich selbst, von jenem Vorwande nicht Gebrauch gemacht, sondern durch die That bewiesen, dafs der Vorwand eitel ist. Wir hoffen, das Beispiel, welches er gegeben hat, werde nicht ohne Nutzen sein, und mehrere Andere, denen noch bessere Gelegenheiten sich darbieten, werden daraus Vortheil ziehen. Wie gut unterrichtet auch Jemand in seinem Fach sei: wie viele Erfahrungen er auch schon selbst gemacht haben und wie gut bekannt er auch mit seinem Gegenstande sein mag: er wird immer noch Nutzen haben, wenn er auch die sorgfältigen Beobachtungen Anderer noch zu Rathe zieht. Das Bauen, wie grofs auch seine Werke sein mögen, hat es mit unzähligen Einzelnheiten zu thun, bis auf Cubikfufse von Erde, bis auf Steine und Ziegelstücke hin, und Geld-Ersparung ist nur durch sorgfältige Berechnungen und Vergleichungen möglich. Viel Arbeit und Zeit lassen sich dadurch sparen, viel läfst sich am guten und sicheren Erfolge gewinnen, und Niemand darf sagen, er werde durch seine eignen Kenntnisse das Maximum der Ersparung erreichen; er ist gegen die Bauherren nicht gerechtfertigt, wenn er nicht die geeigneten Mittel benutzt, sich noch weiter zu unterrichten. Durch die hartnäckige Anhänglichkeit der Unwissenheit an dem Gewohnten sehen wir Tausende der öffentlichen Gelder verschwendet, durch verständige Überlegung Tausende erspart. Nichts ist leichter, als zu sagen: baue einen Stollen, so lang, und durch diesen Berg; wölbe ihn elliptisch, parabolisch, oder wie sonst; aber wenn nun vielleicht eine halbe Million Thaler dazu gehören, so fällt auf den Baumeister die Pflicht, zu verbürgen, dafs die Form und die Maafse, welche er vorschlägt, so wie die Art der Ausführung, auch wirklich mit aller Berücksichtigung des Interesses der Bauherren ihren Zweck erreichen [insofern nemlich die

Bauherren dem Baumeister freie Hand lassen und nicht auch dann, wenn sie nicht selbst Techniker sind, mitsprechen. D. H.]. Dann, sagen wir, wird der Architekt, wie geschickt er auch sei, angemessen gegen sich selbst und gegen die Bauherren handeln, wenn er nicht blofs seine eigene Erfahrung zu Rathe zieht, sondern auch die Anderer. Aber eben so wie es Pflicht ist, die Erfahrung Anderer zu benutzen, so ist es auch gegenseitig die Pflicht Dieser, also Aller, ihre Erfahrungen mitzutheilen. Der Verein der Civil-Ingenieurs mahnt und ermuntert dazu angelegentlich, aber wir bedauern, es sagen zu müssen: jüngere und ältere Mitglieder des Vereins selbst befolgen die Mahnung nicht. Es ist unzweifelhaft, dafs durch Unterlassung dieser Mittheilungen bei den Eisenbahnen allein Millionen ausgegeben worden sind, welche hätten erspart werden können. Wir ermahnen demnach Alle, welche bauen, zu ihrem eignen Nutzen, für die Bereicherung der Bauwissenschaft Sorge zu tragen. [Wo die Eisenbahnen in den Händen von Gesellschaften sind, deren Mitglieder, ohne Baumeister zu sein, gleichwohl mehr oder weniger in technischen Dingen mitsprechen und den Baumeister lenken, werden nur alle solche technische Belehrungen wenig helfen; denn, wie bekannt, vertraut man nur zu oft nur um so fester auf die eigene Einsicht oder Meinung von einem Gegenstande, je weniger man davon wissenschaftliche Kenntnisse besitzt. Unter andern die Arzneiwissenschaft giebt davon einen schlagenden Beweis. D. H.]

Herr *Simms* war zuerst mit der Ausführung des *Blechingley* Stollens der Süd-Ost-Eisenbahn und dann mit dem *Saltwood*-Stollen auf der nemlichen Bahn beauftragt. Diese beiden Bauwerke haben zusammen über 1½ Millionen Thaler gekostet, und er hat den Fortgang der Arbeiten genau beschrieben, die Beschreibung mit vielen Zeichnungen erläutert und alle Einzelnheiten der Kosten aufgezeichnet, so dafs sein Bericht nicht blofs, wie er bescheiden sagt, den Anfängern, sondern, aus den oben angegebenen Gründen, auch selbst den unterrichtetsten und erfahrensten Ingenieurs von Nutzen sein wird.

Im ersten Abschnitt beschreibt Herr *Simms* die geologische Beschaffenheit der Gegend, in welcher die beiden Stollen zu machen waren, und die verschiedenen Schwierigkeiten, mit welchen er zu kämpfen hatte. Er weiset durch eine Zusammenstellung nach, dafs der Blechingley-Stollen, welcher 3857 F. lang ist, 634 907 Thlr., also der laufende Fufs 164 Thlr. gekostet hat. Dieser Stollen wurde ganz unter der Aufsicht des Herrn *Simms* ausgeführt, ohne Unternehmer; die Bauherren liefsen alles auf Rechnung machen, selbst die Ziegel. Der andere Stollen, bei Saltwood, wurde in Verding (Entreprise)

ausgeführt. Der erste Unternehmer scheiterte und das Werk hatte mit grofsen Schwierigkeiten zu kämpfen, wegen der Menge Wasser in dem tiefen grünen Sande, durch welchen der Stollen getrieben werden mufste. Nach vieler Arbeit wurde erst ein kleinerer Stollen, ganz am Boden des beabsichtigten gröfsern, quer durch den ganzen Hügel getrieben, und darauf gelang die übrige Arbeit vergleichsweise leicht. Darauf schlossen die Bauherren mit verantwortlichen Unternehmern Vereine über die Summe von 566 667 Thlr., und die gesammten Ausgaben betrugen nun, mit den vorherigen Kosten zusammen, 750 280 Thlr. für einen Stollen von 2780 F. lang; was 270 Thlr. für den laufenden Fufs macht. Jeder der beiden Stollen ist 23 F. 4 Z. in dem weitesten Theile der Krümmung im Lichten, und mit dem Mauerwerk 29 F. 2 Zoll breit und 24 F. 3 Zoll im Lichten, 29 F. 2 Zoll mit dem Gewölbe und 20 F. 5 Zoll über den Bahnschienen hoch. Die Mauern sind 2½ bis 4 Ziegel und das Gewölbe ist 3 Ziegel dick.

Der zweite und dritte Abschnitt beschreiben die Construction der Instrumente und das Ausstecken der Linie; der vierte Abschnitt die Senkung der Probeschachte. Einer dieser Schachte scheint 104½ F. tief gesenkt worden zu sein; die vorausberechneten Kosten für den 5 F. 10 Z. im Lichten weiten Schacht, mit 9zölliger Einfassung, waren 7 Thlr. 15 Sgr. für den Fufs Tiefe, 2 Thlr. für das Senken und 106 Thlr. 20 Sgr. für die Ruthe (rod?) Ziegel-Mauerwerk; aber wegen des vielen zuströmenden Wassers kosteten die weitern 14½ F. bis zu 22 Thlr. auf den Fufs Tiefe. Ein ähnlicher Schacht zu dem Saltwood-Stollen kostete auf 73 F. tief 1544 Thlr. 20 Sgr. zu senken, also über 21 Thlr. auf den Fufs. Herr *Simms* beschreibt sorgfältig das Senken der Schachte, erläutert es durch Zeichnungen und giebt an, wie die verschiedenen Schwierigkeiten überwunden wurden, welche das Wasser und der Sand verursachten. Der folgende Abschnitt berichtet von den Kosten und der Ausführung der Arbeiten an den Förderschachten, welche 8 F. 9 Zoll weit waren und ebenfalls eine 9zöllige Einfassung von Ziegeln bekamen; sie kosteten etwa 13 Thlr. 10 Sgr. der Fufs bei dem Blechingley-Stollen in mildem Thon, und 10 Thlr. bei dem Saltwood-Stollen in dem grünen Sande. Dann beschreibt Herr *Simms* die Pferdegöpel und geht nun zu dem 7ten und 8ten Abschnitt über, welche von dem Eintreiben des Vorstollens handeln. Hier findet man interessante Beobachtungen über das Gewicht der Wassermasse, welche die Pferde an den Göpeln durch die Schachte hinaufhohen. Folgendes sind die durchschnittlichen Ergebnisse.

Ein Pferd hob in der Secunde 1 F. hoch:

Wenn es täglich

3	Stunden	arbeitete,	im	Durchschnitt	von	112	Beobachtungen,	516	Pfd.	Wasser,
4	–	–	–	–	–	–	–	4	–	–	–	582	–	–
4½	–	–	–	–	–	–	–	12	–	–	–	424	–	–
6	–	–	–	–	–	–	–	212	–	–	–	382	–	–
8	–	–	–	–	–	–	–	4	–	–	–	367	–	–

Nur die Resultate der Versuche mit der 3 und 6stündigen täglichen Arbeit sind zuverlässig, die andern mehr oder weniger unsicher, weil sie aus verschiedenen Ursachen nicht streng genug beaufsichtigt werden konnten; sie sind daher von keinem practischen Werth. [Gewöhnlich nimmt man an, dafs ein Pferd mit 3½ F. Geschwindigkeit in der Secunde, nemlich der des Frachtschritts, 120 Pfd. ziehe, also 120 Pfd. in der Secunde 3½ F. hoch hebe, mithin 400 Pfd. in der Secunde 1 F. hoch. Damit stimmen wenigstens die obigen Versuche mit der 6stündigen täglichen Arbeit ziemlich gut überein. Dafs nicht mehr, sondern weniger geleistet wurde, kommt wohl auf Rechnung des Verlustes durch die Reibung der Maschinentheile. D. H.] Wenn die Pferde mit der äufsersten Anstrengung 564 bis 752 Pfd. hoben, so unterlagen sie der Arbeit, und 11 derselben starben. [Warum übertrieb man sie denn? dabei war doch warlich auch nicht einmal Geldgewinn. D. H.] Sie waren sonst von guter Art und kosteten 133 bis 267 Thlr. Die Kosten des Wasserschöpfens durch die Pferde, einschliefslich der Kosten des Führers derselben, waren 2 Sgr. 3½ Pf. für 30⅝ C. F. Wasser 100 F. zu heben. [Wenn man nach der obigen Angabe rechnet, dafs ein Pferd 382 Pfd. in der Secunde 1 F. hoch hob, also 3,82 Pfd. 100 F. hoch, so schaffte es in 6 Stunden täglicher Arbeit $\frac{6 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 3{,}82}{66}$ = 1250 C. F. Wasser in einem Tage 100 F. hoch hinauf. Da nun 30⅝ C. F. 2 Sgr. 3½ Pf. gekostet haben, so hat das Pferd mit dem Führer täglich $\frac{1250}{30\frac{5}{8}} \cdot \frac{27\frac{1}{2}}{12}$ = 93 Sgr. = 3 Thlr. 3 Sgr. gekostet, was weit mehr ist, als in Deutschland, und zwar wohl wegen der höhern Preise der Dinge in England. D. H.]

Die Abschnitte 9. 10. 11. und 12. bringen uns zu dem Bau des Stollens selbst, und hier mag Herr *Simms* selbst sprechen.

Die Stollen von *Blechingley* und *Saltwood* wurden ganz auf gleiche Weise gebaut. Es wird daher die Beschreibung des Verfahrens im allgemeinen bei einem derselben hinreichend sein; mit Angabe der Abweichungen, welche hie und da nothwendig waren.

Man begann damit, einige der Schaalbretter der viereckigen Schachtzimmerung hinter den Hauptständern derselben wegzunehmen und einen schmalen Stollen von etwa 12 F. lang am Gipfel und in der Mitte des beabsichtigten Eisenbahnstollens einzutreiben. Wo die Erde fest ist und ohne viele Auszimmerung stehen bleibt, darf der Firststollen (top heading), wie er genannt wird, ziemlich breit sein; aber nur schmal, wenn der Boden lose und gefährlich ist. Die Firststollen zu Blechingley und Saltwood waren so hoch, dafs ein Mann darin aufrecht stehen konnte, und etwa 3 F. breit. In einigen Firststollen bei Blechingley waren keine Schaalbretter nöthig, wohl aber überall bei Saltwood. Man befolgte bei dem Zimmerwerk keine bestimmte Regel, sondern die Zimmerstücke und Schaalbretter wurden so eingesetzt und befestigt, wie es gerade am besten sich thun liefs, und überall, wo die Erde nachzufallen drohte, jedoch, wo es anging, so, dafs die Zimmerung immer zugleich den Anfang ihrer weitern Fortsetzung bildete. Der Gipfel des Firststollens wurde immer um so viel höher über den Gipfel des Gewölbes ausgehöhlt, welches der Eisenbahnstollen bekommen sollte, als für die Dicke des Gewölbes und für die Kronbalken und Schaalbretter nöthig war, und zwar noch mit Zugabe von einigen Zollen für das Setzen des Zimmerwerks, welches sicher erfolgt, sobald die Aushöhlung erweitert wird, ehe das Gewölbe gemacht werden und der Schalung ihre Belastung abnehmen kann. Diese Zugabe darf man nie vergessen, denn sonst, wenn nun das Zimmerwerk sich senkt und kein Raum gelassen ist, senken sich die Kronbalken bis dahin hinunter, wo das Ziegelgewölbe sein soll, und wenn nun der Eisenbahnstollen die bestimmte Höhe bekommen soll, müssen die Balken und Schaalbretter wieder bis zur richtigen Höhe hinaufgebracht werden, was nur auf die Weise möglich ist, dafs man sie stückweise wegnimmt, die Erde darüber hervorzieht und dann die Balken und Bretter wieder einsetzt; was viel Arbeit, Mühe und Kosten macht.

Ist der Firststollen eingetrieben, so erweitert man ihn an der einen Seite an der Decke (Taf. XI. Fig. 1.) so, dafs eine Erdbank stehen bleibt, auf welche längsaus ein Kronbalken gelegt wird. Ist dies geschehn, so wird der mittlere Kronbalken des Firststollens gelegt, und zwar mit dem vom Schacht entfernten Ende auf eine Stütze, mit dem andern Ende auf das Zimmerwerk des Schachts. Auf die beiden Kronbalken werden dann die Schaalbretter gelegt, um die Erde wegzuschaffen. Ganz wie an der einen Seite verfährt man auch an der andern und legt einen dritten Kronbalken und Schaalbretter auf ihn und den mittlern. Hierauf wird ein schmaler Streifen Erde unter

den vom Schacht entfernten Enden der beiden Seitenkronhölzer weggenommen, bis auf den Boden des Firstschachts, und es werden rohe Stützen unter die Enden der Balken gesetzt, eben so wie es unter das Ende des mittlern Balkens geschah; die andern Enden der Stützen der Seitenbalken werden, wie das des mittlern Balkens von dem Zimmerwerk des Schachts getragen. Dann kann die Erde bis unter die beiden Seitenbalken weggenommen werden, und der Firststollen ist also dann um so viel breiter geworden.

Ist der Firststollen etwa anfangs schon breit genug dazu, so können auch gleich anfangs *zwei* Kronbalken gelegt werden, mit der Verschaalung darauf, und dann werden rechts und links, ganz wie es vorhin beschrieben, ein dritter und vierter Balken eingezogen (Fig. 2.). Die Balken werden durch 5 oder 6 Steifen von einander gehalten. Die Stützen unter den Enden werden auf flache Klötze gesetzt, damit die Belastung sie nicht in die Erde drücke. Diese Klötze werden bis auf den Boden des Firststollens versenkt, und die Erde wird zu dem Ende aufgegraben. Jedenfalls werden die Stützen so weit seitwärts gesetzt, dafs die Schwellen darunter gelegt werden können. Die in der Figur punctirten Theile der Stützen zeigen, wie ihre Fufsklötze in den Boden versenkt werden. Zuweilen jedoch gestattet der Boden diese sofortige Versenkung nicht. Das Ende oder die Stirn des jetzt eingetriebenen Theils des Firststollens wird hinter den Stützen, wie es die Figur zeigt, mit Brettern verschaalt, damit die Erde nicht nachfalle.

Ganz auf die beschriebene Weise wird nun weiter Balken um Balken rechts und links zu der Decke des Firststollens eingezogen. Die Balken werden gestützt und gegen den Boden, so wie gegen einander abgesteift; darüber und an den Enden wird geschaalt. Die Balken werden so eingelegt, dafs die Decke ungefähr die Form des Gewölbes des Eisenbahnstollens bekommt. Das Ganze wird so angeordnet, dafs, wie hernach zu beschreiben, bequem das Mauerwerk gemacht werden kann. Die Figur zeigt das Werk in dem Zustande, welchen man „getting in the top" nennt.

Oben haben wir gesagt, dafs die Enden der Kronbalken einstweilen auf die Zimmerung des Schachts gelegt werden. Es ist indessen zu erwägen, dafs dadurch Dem, was die Sohle des Schachtes schon an seinem Mauerwerk zu tragen hat, eine starke Belastung hinzugefügt wird, die dann von den im vorigen Abschnitt beschriebenen Hängebalken und der Sohle des Schachts getragen werden mufs. Deshalb sollte denn auch die Zimmerung des Schachts so schnell als möglich von der Belastung durch die Kronbalken des First-

stollens befreit werden. Welchen Druck der Erde sie auch zu tragen haben mögen, so geschieht es leicht, sobald die letzte Schwelle zunächst dem Schacht eingezogen ist und die Balken darauf gestützt worden sind. Wenn der Boden fest ist, so hat es keine Gefahr, die Enden der Kronbalken einstweilen auf der Zimmerung des Schachtes ruhen zu lassen. Ist aber der Boden weich und nachgiebig, so ist es gefährlich, die Zimmerung auf diese Weise zu beladen; denn dann kann die Erde, statt die Zimmerung zu stützen, unter dem Druck nachgeben, und wenn einmal die Zimmerung aus der senkrechten Stellung geräth, so ist nicht viel Zunahme der Belastung mehr nöthig, dafs der Boden nachgiebt, die Erde hinter dem Schacht folgt und der Schacht selbst sich senkt.

. . . . . .

Die Bezahlung für die Firststollen bei Blechingley war dem Verdinge gemäfs folgende:

96,2 Arbeitstage der Maurer, zu 2 Thlr., ...	192 Thlr.	24 Sgr.	
95 Arbeitstage der Gehülfen, zu 1 Thlr. 5 Sgr., . .	110	–	25 –
28,9 Arbeitstage der Pferde, zu 2 Thlr. 10 Sgr., . .	67	–	13 –
4 Dutzend Kerzen, zu 2 Thlr. 5 Sgr., ...	8	–	20 –
1¼ Centner Schiefspulver, zu 15 Thlr. 10 Sgr., . .	19	–	5 –
Für Werkzeug, Schärfen der Hauen, für Keile etc. .	8	–	15 –
22 Tage Aufsicht, zu 2 Thlr. 10 Sgr., ...	51	–	10 –
Für Aufräumen des Stollens nach seiner Vollendung	1	–	20 –
Zusammen	460 Thlr.	12 Sgr.	

Dieses waren die Kosten eines 11⅔ F. langen Firststollens.

Bei den Verdingen mit den Einzel-Unternehmern wurde die Länge der Schachte und Firststollen zusammengezogen und nach laufenden Yards verdungen, den Yard zu 100 Thlr. (der Pr. Fufs 34 Thlr. 10 Sgr.), jeder Firststollen von 12 Engl. F. lang also zu 400 Thlr.; wofür die Unternehmer alles liefern mufsten: Pulver, Kerzen, Pferde, Werkzeug etc. Es fand sich, dafs dabei kein Gewinn zu machen war, wie es die obige Berechnung zeigt; indessen, zusammen mit den Schachten, die weniger theuer zu stehen kamen, ergab sich, weil diese *länger* waren, einiger Vortheil. Bei den Schachten wird die Vergleichung der wirklichen mit den verdungenen Kosten näher gegeben werden.

Als der Eisenbahnstollen selbst in Arbeit war, erhielten die Bergleute eine Zulage von 20 Thlr. für jeden Firststollen (von 12 Engl. F. lang), und zwar auf Rechnung der Maurer, weil diese durch die Kufen, welche mit denen

zugleich, welche die Erde hinaufbringen, abwärts gehen, die Steine, Mörtel etc. zugebracht erhielten. Dieses betrug für die Maurer etwa 13½ Thlr. auf den Stollen; der Rest von 6¾ Thlr. wurde aufserdem für das Einladen der Ziegel etc. und für den den Minirern bei ihrer Arbeit verursachten Zeitverlust bezahlt. Wenn Schachte und Stollen gleichzeitig gemacht wurden, fand der Gewinn nicht Statt, weil das Ausgraben dann während der Arbeiten der Maurer stillstand; hingegen beim Bau des Eisenbahntunnels selbst, konnten die Maurer an der einen Seite des Schachts, die Bergleute an der andern arbeiten, und dann konnten durch eine und dieselbe bewegende Kraft die Erde herauf- und die Ziegel etc. hinabgebracht werden.

. . . . . .

Die Firststollen zu Blechingley und Saltwood waren, wie gesagt, 11 F. 8 Zoll lang. Zwischen je zweien war etwa 13¾ F. Raum zu dem Schacht, so dafs also die drei Längen zusammen 37 F. Länge des Eisenbahnstollens unter jedem Schacht gaben, von welchem aus der Stollen zu vollenden war. Sind erst die Schachte und Firststollen gemacht, so sind die gröfsten Schwierigkeiten überwunden; der Rest des Baues ist vergleichsweise leicht und gefahrlos. Es können nur noch wenige Schwierigkeiten vorkommen, die sich nicht vorhersehen liefsen, und welchen nicht vorgebeugt werden könnte, wenn man anders mit der nöthigen Achtsamkeit verfährt.

Um den Hauptstollen selbst anzufangen, wird eine Plateform im Innern der fertig gewordenen Firststollen gemacht, wie es die Figur zeigt; die Plateform wird fortgesetzt, so wie der Hauptstollen weiterrückt. Sie wird aus Bohlen gemacht, welche auf Längs- und Querbalken gelegt werden, und zwar so, dafs eine Rinne zum Abflufs des Wassers frei bleibt. Wo das Wasser nicht im Überflufs vorhanden ist, leitet man es in eine besonders gegrabene Grube, für die Maurer, zum Mörtel; denn fehlt das Wasser im Stollen, so ist die Herbeischaffung desselben durch die Schachte herab kostbar. Der Fall kam bei Blechingley vor, wo das Wasser, anfangs überflüssig, zuletzt (ausgenommen an dem westlichen Ende) fehlte und die Quellen beinahe ganz ausgetrocknet zu sein schienen.

Das Verfahren bei der Fortsetzung des gewölbten Stollens ist beinahe dasselbe, wie das bei den Firststollen; nur mit dem Unterschiede, dafs, während bei letzteren die Erdbalken an beiden Enden unterstützt werden müssen, hier nur unter den freien Enden derselben Stützen nöthig sind; die andern Enden werden auf das fertig gewordene Gewölbe gelegt.

Man beginnt wie oben beschrieben mit einem Firststollen. Ein Stollen wird in der Mitte und am Gipfel des zu bauenden gewölbten Stollens eingetrieben, um die Kronbalken einbringen zu können. Derselbe wird dann rechts und links erweitert und die Balken werden einer nach dem andern eingezogen, bis zur Höhe der obern Schwelle hinab. Man wird sich aus der obigen Beschreibung erinnern, dafs die Erdbalken *über* dem Gewölbe liegen bleiben und dann später hinausgeschafft werden müssen, so wie das Gewölbe vorrückt. Es müssen also diese Balken, welche längs dem Gewölbe hinlaufen, bis zum nächsten Stofs längs demselben herausgezogen werden, falls nicht etwa einer derselben bricht, oder feststeckt; in solchem Fall läfst man ihn an seiner Stelle. Es ist nicht rathsam, die Balken unbedingt herauszuziehen, falls die Erde nicht sehr fest ist. Zu Blechingley liefs man die meisten Balken in der Erde, denn ihr Werth war zu gering, im Vergleich zu dem Schaden, der beim Herausziehen den Schachten durch das Auflockern der Erde hätte zugefügt werden können. Denn obgleich der Raum, welchen der herausgezogene Balken einnahm, durch einen Arbeiter, der an dem Ende desselben steht, mittels eines langen Stöfsers fest voll Erde gestopft wird, ist es dennoch meistens besser, den Balken nicht herauszuziehen, als die Erde aufzulockern; und oft lassen auch die Arbeiter, wenn sie nicht genau beaufsichtigt werden, den Stöfser in der Erde stecken; was hernach nicht zu entdecken ist.

Die 3te Figur zeigt das Verfahren beim Herausziehen der Erdbalken. Sie stellt das Gewölbe vorgerückt vor, und schon einen neuen Kronbalken *A* eingebracht, der mit seinem vordern Ende auf der Erdbank *B* ruht und nun gestützt werden soll. Den Balken *C* über dem fertig gewordenen Gewölbe *D* sind die Arbeiter im Begriff herauszuziehen. *E* ist der Lehrbogen des Gewölbes und *F* die Gerüstschwelle im Durchschnitt; *G* ist die Steife gegen dieselbe.

Das Herausziehen der Balken kann meistens mittels Brechstangen geschehen, deren man sich als Hebel bedient und durch welche der Balken (S. die Figur) allmälig hervorgezogen wird. Ist erst der gröfsere Theil desselben herausgebracht, so folgt der Rest leicht. Hat sich aber die Erde irgendwo auf das Gewölbe hinabgesenkt, so sind die Balken öfters sehr fest eingeklemmt. Das einzige Mittel, sie dann herauszuziehen, ist, eine oder mehrere Schraubensätze gegen die Mauer zu stemmen und um das herausgezogene Ende des Balkens Ketten zu schlingen, welche von den Schrauben gefafst werden. Zeigt sich auch das unwirksam, so ist es besser, den Balken stecken zu lassen; denn hat das Setzen der Erde ihn so sehr fest eingeklemmt, so wäre es unvorsichtig,

durch das Herausziehen des Balkens, sollte man damit am Ende auch zu Stande kommen, die Erde noch mehr in Bewegung zu bringen; es könnte mehr Schaden entstehen, als der Balken werth ist.

Sind die Balken herausgezogen, so mufs man genau darauf sehen, dafs die Räume, welche sie eingenommen haben, recht fest voll Erde gestampft werden; denn offenbar würden leere Räume über dem Gewölbe sehr gefährlich sein. [Aber sie entstehen mit der Zeit, wenn das steckengebliebene Holz verstockt; und dies geschieht, wenn die Erde nicht etwa beständig nafs bleibt. D. H.] Auch ist es sehr nöthig, dafs man auf das Setzen der Erdzimmerung im Voraus Rücksicht nimmt und also die freien Enden der neu eingezogenen Balken hoch genug legt, damit die Zimmerung Raum behält sich zu setzen.

Aus diesem etwas ausführlich mitgetheilten Auszuge wird der Leser die recht practische Art der Schrift des Herrn *Simms* ersehen. Dieselbe giebt einige Einzelnheiten über die Kosten der Arbeiten, nach der Zahl der Arbeiter berechnet, und verglichen mit den Verdingspreisen. Danach haben die Firststollen bei Blechingley, jeder von 11 F. 8 Zoll lang, 285 Thlr. 20 Sgr. gekostet, worunter 20 Thlr. für Schiefspulver und Kerzen und 8 Thlr. 10 Sgr. für Werkzeuge mitbegriffen sind. Der Durchschnittspreis der Verdinge war 293 Thlr. 10 Sgr., und bei Saltwood 186 Thlr. 20 Sgr.

Der 13te Abschnitt des Buchs handelt von den Eingängen der Eisenbahnstollen, von den Schachtthürmen und den übrigen Bauwerken. Der 14te Abschnitt beschreibt die Gewölbelehrbogen, so wie die dem Herrn *Frazer* patentirten; der 15te Abschnitt giebt noch Kenntnifs von einigem Andern, was mit dem Stollenbau in Verbindung steht.

Aufser zahlreichen Holzschnitten enthält das Buch 12 Kupfertafeln, von *Lowry* gestochen, welche genau den allmäligen Fortgang der Arbeit vorstellen. Wir können den Baumeistern diese Schrift sehr empfehlen, und allen ausführenden Baumeistern rufen wir zu: thut wie Herr *Simms!*

[Da der obige Auszug bei weitem noch keine vollständige Übersicht von der Ausführung der beiden von Herrn *Simms* gebauten Stollen giebt, so werden wir gelegentlich das Fehlende aus der Schrift selbst zu ergänzen uns angelegen sein lassen. D. H.]

16.

Einiges von Futtermauern statt der Erd-Böschungen tiefer Erd-Einschnitte.

(Aus dem Englischen.)

Vorbemerkung des Herausgebers des gegenwärtigen Journals.

Futtermauern werden bald ungemein kostbar, so wie sie einigermaafsen bedeutend *hoch* sein müssen. Aufser in den Fällen, wo sie jedenfalls unvermeidlich sind, wie z. B. an Quais, an Festungswerken u. s. w., können sie daher auch, auf die gewöhnliche Weise gebaut, der grofsen Kosten wegen nicht wohl die Stelle von Erdböschungen vertreten; sie werden mit Recht in solchen Fällen höchstens nur zur Befestigung des *Fufses* höherer Böschungen angewendet; etwa um zu verhindern, dafs, wenn ein Graben am Fufs der Böschung hinläuft, das Wasser nicht den Fufs der Böschung angreife und die Erde nachgleite. Gleichwohl ist sehr zu wünschen, dafs sich die Seiten tiefer Erd-Einschnitte, z. B. auf Eisenbahnen, *sicherer* als durch Erdböschungen einfassen liefsen; denn obgleich Erd-Böschungen, wenn man sie *flach genug* macht, mit Rasen belegt, und dann etwa den Fufs mit einer Mauer von einigen Fufsen Höhe einfafst, allerdings *sehr* sicher sind, so sind sie doch auch, wenn man sie, in quelligem und unfestem Boden, *nicht flach genug* gemacht, auch vielleicht noch sonstige Befestigungen unterlassen hat, was, wo Privatleute Eisenbahnen bauen, nicht selten geschieht, in der Absicht, blofs Geld zu sparen, nicht erwägend, ob das Mittel dazu das rechte sei oder nicht, in hohem Grade unsicher und gefährlich, und es kann ein plötzlicher Einsturz einer Böschung, wenn gerade ein Wagenzug vorbeifährt, was eben durch die Erschütterung den Einsturz hervorbringen oder doch befördern kann, grofses Unheil anrichten und das Leben einer Menge von Menschen in Gefahr bringen; wie es wirkliche und wiederholte Unfälle solcher Art auf den Eisenbahnen leider! durch die That bewiesen haben.

Es käme also darauf an, ob sich vielleicht in Erd-Einschnitten Futter-

mauern von *beliebiger Höhe* bauen liefsen, ohne sie *verhältnifsmäfsig* und unförmlich dick machen zu dürfen.

Da die Erde die einander gegenüberstehenden Einfassungen der Seiten eines Einschnitts in *entgegengesetzter* Richtung prefst, so liegt es ganz nahe, dafs man nur, um Futtermauern in Einschnitten diejenige Standfestigkeit zu geben, die sie einzeln stehend nur durch ihr blofses Gewicht, also durch eine sehr grofse Dicke bekommen können, die Einfassungen quer über die Strafse *gegen einander absteifen* dürfe; und zwar natürlich nicht etwa durch Holz, sondern, auf eine dauerhafte und feste Weise, etwa durch querübergespannte Bogen von Mauerwerk, oder auch durch Stangen oder vielmehr hohle Röhren von gegossenem Eisen. Damit nicht gar zu viele solcher Absteifungen nöthig sein mögen, folgt ferner leicht, dafs man etwa alle 15 bis 20 F. von einander gegenüberstehende Pfeiler zu bauen habe, die dann gegeneinander abgesteift werden und zwischen welchen nun die Futtermauer so gemacht wird, dafs sie im Grundrifs oder im horizontalen Querschnitt einen *Bogen* bildet und auf solche Weise gegen die Pfeiler *eingespannt* ist. Dann ist es offenbar nicht nöthig, dafs die Dicke der Pfeiler und der zwischen sie eingespannten bogenförmigen Futtermauern in geradem Verhältnifs mit der Höhe zunehme, sondern das Mauerwerk wird sogar für *sehr* grofse Höhen verhältnifsmäfsig nur gering sein und die Dicke der bogenförmigen Mauer nur wenige Fufs betragen dürfen. Läfst sich doch schon durch schwache hölzerne Verschaalungen die Erde fast bis zu jeder Tiefe senkrecht halten, sobald die Schaalungen, etwa in einer eingegrabenen Rinne, *gegeneinander* abgesteift werden können. Und wenn nun schon das schwache Holz die nöthige Kraft dazu hat, so mufs eine viel stärkere Mauer sie um so mehr besitzen.

Der Gedanke solcher Futtermauern findet sich in einem von dem Civil-Engineer und Architects Journal im Juliheft von 1845 mitgetheilten Vortrage etwas näher entwickelt, welchen Professor *Hosking* zu London in einer der Versammlungen des dortigen Architekten-Vereins gehalten hat und zu welchem zwei der Zuhörer einige Bemerkungen gemacht haben. Der Herausgeber des gegenwärtigen Journals hat denselben Gedanken schon seit Jahren gehabt, und nur das Übermaafs seiner mannigfachen Arbeiten hat ihn verhindert, denselben in dem gegenwärtigen Journal mitzutheilen; auch liegt er so nahe, dafs wahrscheinlich auch noch manche Andere ihn längst gehabt haben mögen. Aber es kommt darauf an, wie er practisch auszuführen sei. Gegen das, was Herr *Hosking* in diesem Puncte vorschlägt, möchte freilich Einiges zu erinnern sein,

was wir auch hier unten an seiner Stelle im Text angemerkt haben, aber Herr *Hosking* hat, soviel dem Herausgeber bekannt, den *ersten* Schritt gethan, um den Vorschlag ins Leben zu rufen.

Herr *Hosking* berücksichtigt insbesondere nur Fälle, wo an tiefen Einschnitten Futtermauern, auf obige Weise gebaut, nicht mehr kosten würden, als das Herausschaffen der Erde aus den Einschnitten, wenn dieselben für einen unfesten Boden *zureichende* Böschungen bekommen sollen. Er nimmt dazu 2füfsige Böschungen an, und berechnet nun, dafs dann diese Böschungen, schon wenn der Einschnitt nur etwas über 60 F. tief ist, noch über 30 pr. C. *mehr* kosten, als die Futtermauern. Diese Berechnung ändert sich freilich mit der Örtlichkeit und den Preisen der Dinge, aber das Ergebnifs möchte wohl so ziemlich überall ein ähnliches sein.

Aber die sich gegenseitig stützenden Futtermauern können möglicherweise auch noch in einem andern Falle einen nicht minder entschiedenen Nutzen haben. Es kann nemlich sehr wohl sein, dafs sie selbst in *viel* gröfseren Tiefen, wo die Kosten eines Einschnitts mit zureichenden Böschungen *übermäfsig* hoch sein würden, und wo man dann zu einem *unterirdischen Durchgang* oder Tunnel seine Zuflucht zu nehmen pflegt, noch immer nicht mehr kosten als dieser; denn die Kosten der Tunnel oder Stollen sind bekanntlich *sehr* hoch, und steigen leicht selbst bis zu mehreren Hundert Thalern für den laufenden *Fufs*. Ist dieser Fall da, so sind die Mauern entschieden besser als der unterirdische Stollen; denn dieser ist in der That nur ein *letztes* Mittel, wo es gar kein anderes mehr giebt; ungefähr so, wie Kettenbrücken nur ein letztes Aushülfsmittel für Brücken sind. So wie man niemals eine Kettenbrücke bauen sollte, wo noch irgend eine andere *sicherere* Brücke möglich ist, so sollte man auch niemals einen Eisenbahnstollen bauen, wo es noch irgend ein anderes Mittel giebt, im Tageslicht über oder durch den Berg zu kommen; denn die Gefahr der Tunnel für die Passage, und selbst für ihre Standfestigkeit, so wie ihre Unannehmlichkeit für die Passagiere, und überhaupt ihre Mängel für die Sicherheit und das Wohlsein Derer, die sich der Eisenbahn bedienen, sind *sehr* grofs. Sogar noch wenn die Mauern mehr, und bedeutend mehr kosten sollten, als der unterirdische Durchgang, würde der oben offene Einschnitt doch noch immer den Vorzug haben. Die Wohlfeilheit entscheidet nemlich, wie überall, so auch bei den Eisenbahnen, durchaus nicht *allein* über die Wahl der Mittel; selbst nicht im blofsen Interesse der Unternehmer. Wäre das, so müfste man auch auf Eisenbahnen z. B. nicht bequem gepolsterte Wagen machen,

sondern die Leute auf harten Brettern in offenen Kasten sitzen oder sie gar darin stehen lassen: denn blofs fortgeschafft werden sie freilich auch so. Allerdings würden dann Viele von den Eisenbahnen lieber zurückbleiben, und die Unternehmer würden Verlust haben; aber ganz ähnlich ist es auch in andern Puncten, die für die Fahrenden unbequem oder gefährlich sind. Der Unterschied ist nur, dafs *Jedermann* die Unannehmlichkeit ungepolsterter Sitze kennt, während die Gefahr von Erd-Einschnitten mit steilen Böschungen, oder von Tunnels, viel weniger allgemein bekannt ist. Wäre letzteres anders, so würden auch dieserwegen Viele die Eisenbahn meiden.

Die von dem Herrn *Hosking* vorgeschlagene Einfassung der Seiten offener Einschnitte durch Mauerwerk kann daher, und zwar nicht blofs möglicherweise, sondern gewifs, in vielen Fällen einen sehr bedeutenden und wesentlichen Nutzen für Eisenbahnen und auch für Canäle haben, wenn man nur nicht, wie so manches andere Gute, den Vorschlag übersehen will. Sie können zu einer bedeutenden Vermehrung der *Sicherheit* der Passage führen; und dies vor allem ist wesentlich, und zu wünschen. Der Vorschlag verdient daher alle Berücksichtigung.

Wie die Mauern in *sehr* tiefen Einschnitten anzuordnen und auszuführen sein würden, läfst sich, wie leicht zu sehen, in wenigen Worten nicht sagen, sondern erfordert eine weitere Ausführung, welche wir uns vorbehalten. Wir theilen hier einstweilen nur mit, was schon vorliegt. D. H.]

Aus dem englischen Journal.

Tiefe Erd-Einschnitte sind nicht allein sehr kostbar, sondern die Böschungen sind auch in mehreren Erd-Arten so unsicher und so vielen Zufällen unterworfen, welche neue Kosten verursachen und andere Bauwerke bedrohen, so wie selbst Menschenleben in Gefahr bringen können, dafs jedes Mittel, sie mehr zu sichern, wenn auch dadurch nicht eben an den ersten Kosten *gespart* wird, wohl Berücksichtigung verdient; und, läfst es sich nachweisen, dafs die Sicherung sogar noch die Kosten *vermindert*, so ist das Mittel noch um so besser. Die Kosten eines Erd-Einschnitts lassen sich vorher berechnen, nebst der Zeit zur Ausführung, und, wie die Erfahrung gezeigt hat, giebt es für jede Erd-Art eine Grenze der Tiefe, über welche hinaus ein gewölbter Stollen von der nöthigen Weite wohlfeiler ist als ein offener Durchstich mit den ihm nöthigen Böschungen. Selbst wenn der Stollen mehr

kostet, giebt man ihm öfters den Vorzug, wegen der gröfsern Sicherheit der *Ausführung*. [Diese gröfsere Sicherheit möchte ebenfalls wohl ziemlich ungewifs sein, und die Nachtheile des Stollens beim *Gebrauch*, so wie die Kosten seiner Erhaltung, kommen auch in Anschlag. D. H.] Es giebt Fälle, wo es, Alles in Betracht gezogen, zweifelhaft ist, welches das Beste sei: ein Stollen, oder ein offener Durchstich; und da scheint ein Drittes zu wünschen, was bis jetzt noch nicht in Betracht kam.

Ein Stollen ist theuer: nicht wegen der Ausdehnung des Werks, sondern wegen der Schwierigkeit der Ausführung. Die blofsen Bauwerke daran betragen weniger, als zu Futtermauern an den Böschungen eines Einschnitts von nur dem achten Theil der Tiefe eines gewöhnlichen Eisenbahnstollens nöthig sein würde [?]. Die Mauertheile eines Stollens tragen sich wechselseitig; was nicht der Fall bei Futtermauern ist, deren Widerstand gegen die Erde blofs von der Wirkung ihres auf ihren Grundflächen ruhenden Gewichts abhängt. Wie aber, wenn man die einander zugekehrten Seiten zweier Futtermauern fest gegeneinander absteifte? Dann würde ein Drittheil [ein Theil D. H.] ihrer Masse schon hinreichen, und sie würden eben so sicher stehen, wie die Seiten eines überwölbten Stollens, deren Widerstand seine Grenze nur in der Zusammendrückbarkeit des Mauerwerks findet. [Auch wohl sicherer. D. H.]

Bevor wir zur Erwägung der Art schreiten, wie Futtermauern gegen einander abzusteifen sein dürften, wird es gut sein, zu untersuchen, ob die gewöhnliche Bau-Art dieser Mauern sich dazu eigne. Niemand wird einen Strebepfeiler gegen den Schub eines Gewölbbogens innerhalb oder unter den Bogen setzen: gleichwohl setzt man häufig die Strebepfeiler der Futtermauern, die gegen den Erddruck wirken sollen, auf die Erdseite der Mauer, wo ihre Wirkung sehr zweifelhaft ist, wenn sie nicht etwa die Mauer verhindern sollen, *gegen* die Erde zu fallen, was bei der Gestalt des Querschnitts, die man ihr nur zu gewöhnlich giebt, in der That geschehen würde, wenn die Strebepfeiler sie nicht stützten. Werfte-, Quai- und Festungsmauern mögen eine glatte äufsere Fläche der Mauer nöthig haben: anders aber ist es bei Futtermauern an Einschnitten von Strafsen und Eisenbahnen, wo die Unterbrechung einer langen Fläche der Mauer gar keinen Nachtheil hat und Strebepfeiler sehr wohl *innerhalb* vor die Mauern vortreten können. Wenn man wie gewöhnlich die Flächen von Futtermauern krümmt [nemlich im *senkrechten* Querschnitt D. H.] und die Ziegel überall nach dem Mittelpunct der Krümme richtet, so mufs die hintere Seite der Mauer mehr sich setzenden Mörtel bekommen, als die vor-

dere, zwischen der nemlichen Masse fester Steine, insofern die Steine durchbinden sollen. Dadurch geschieht es dann, dafs sich die Mauer hinten mehr zusammendrücken kann, als vorn. Die Strebepfeiler müssen eben so gebaut werden, und bekommen also entweder stärkere Fugen als die Mauer, oder die Verbindung zwischen der Mauer und den Pfeilern mufs unterbrochen werden, und dann werden die Pfeiler völlig unwirksam. Berücksichtigend die geringe Wirkung der Strebepfeiler an der Seite einer Mauer, von welcher her der Druck kommt, entwarf der Verfasser vor einigen Jahren eine Futtermauer mit mehr als der gewöhnlichen Masse, aber ohne Strebepfeiler. Die Mauer wurde von Ziegeln gebaut und mit Béton (concrete) ausgefüllt, um ihr mit geringeren Kosten Masse und Gewicht zu geben. Der Béton war in 29 Zoll dicken Lagen angenommen, zwischen welchen zwei Schichten Ziegel auf jede 12 Schichten in der Höhe durchgingen. Die Fläche der Mauer war krummlinig und die Ziegel wurden nach dem Mittelpunct gelegt; aber vermöge der so eben gedachten Anordnung konnte nun die innere Linie durch Ziegel statt durch Mörtel verlängert werden, indem man auf die Höhe jeder Bétonlage eine Ziegelschicht zusetzte. Die ganze Masse wurde nach der Länge und Quere durch eiserne, in die durchgehenden Ziegelschichten gelegten eisernen Anker fest verbunden.

Die Futtermauern auf der Eisenbahn zwischen London und Birmingham, in der Strecke von Camden Town nach Euston Square, sind nach der gewöhnlichen Art, ganz von Ziegeln und krumm aufsteigend zu bauen entworfen; mit Strebepfeilern, die eben so gekrümmt sind (Taf. XII. Fig. 1.). Hier fällt der Schwerpunct der Mauer ganz hinter ihre Grundfläche, und die Strebepfeiler, die erst auf ein Drittheil der Höhe der Mauer anfangen, stützen sich auf den Boden, welchen die Mauer zurückzuhalten bestimmt ist. Es ist bekannt, dafs diese Futtermauern, obgleich kein Nebenwerk fehlte, um sie gegen äufsere nachtheilige Einwirkungen zu schützen, und obgleich sie um ein Viertheil ihrer Höhe in die Erde reichen, auf eine bedeutende Länge mifslungen sind. Man hat sie mit gegossenem Eisen, so wie es Fig. 1. und 2. vorstellt, gegeneinander nothdürftig abzusteifen gesucht; aber dies hat nur dem obern Theile der Mauer geholfen, und der Verfasser glaubt, dafs auch der Fufs der Mauern werde abgesteift oder sonst anders befestigt werden müssen. [Den seltsamen Querschnitt dieser Futtermauern hat dem Erbauer derselben vielleicht irgend eine theoretische Rechnung angegeben, und es ist ganz möglich, dafs, wenn man diese oder jene Hypothese macht, die krumme Form durch Formeln gefunden wird; aber dafs es practisch besser gewesen wäre, die Mauer ganz einfach *gerad*linig, schräg gegen

die Erde geneigt, aufzuführen und sie, wenn der Schwerpunct hinter die Mauer fiel, durch gerade-aufgehende Pfeiler zu stützen, welche eben so tief hinunterreichen, als die Mauer, leuchtet wohl ohne künstliche Erwägungen ein. D. H.]

Steift man einander gegenüberstehende Mauern nur unterbrochen ab, so bleiben die zwischen den Steifen befindlichen Theile derselben unbefestigt, wenn sie nicht so gebaut sind, dafs der Druck der Erde auf dieselben, auf die abgesteiften Pfeiler hingelenkt wird. Geschieht aber das, so können die Mauertheile zwischen den Steifen mehr oder weniger lang sein, je nachdem sie stärker oder schwächer gebaut sind. Der Verfasser schlägt also vor, die einander gegenüberstehenden Seiten eines Erddurchstichs nicht durch fortlaufende Mauern zu stützen, sondern die Einfassungen der Erde so zu bauen, wie es die Figuren 3. 4. 5. und 6. vorstellen; nemlich die Pfeiler gegen einander abgesteift, unten durch einen umgekehrten Bogen, und dann durch Mauerwerk aus aufrechtgestellten Ziegeln (Fig. 4.), welches von einem gewölbten Bogen getragen wird und über welchem ein umgekehrter Bogen ist; und zwar die erste Absteifung in derjenigen Höhe, welche die Passage zwischen den Mauern hindurch erfordert. Diese gemauerten Steifen der Pfeiler werden dann jedem Drucke auf die senkrecht stehende Mauer widerstehen, denn sie befinden sich in der Richtung des gröfsten Widerstandes. Die zwischen den abgesteiften Pfeilern in Bogen gerade hinaufgeführten Mauern aber werden den Druck der Erde auf sie auf die Pfeiler leiten, und diese sind durch die gemauerten Steifen fest gestützt. Die Anordnung pafst für *jede* Höhe oder Tiefe des Einschnitts; man darf nur die gemauerten Steifen der Pfeiler über einander so oft wiederholen, als es zum Widerstande gegen den Erddruck nothwendig ist. [Es dürfte hier aber nicht zu übersehen sein, dafs die Spannbogen, wenigstens so, wie sie in Fig. 4. gezeichnet sind, auch einen sehr starken Druck auf die Pfeiler in der Richtung *gegen* die Erde ausüben und dafs, wenn die Pfeiler schon sehr hoch und bei weitem nicht mehr stark genug sind, um *diesem* Drucke ganz so zu widerstehen, wie wenn *keine* Erde hinter den Pfeilern und hinter den zwischen sie eingespannten Mauern läge, *dieser* Druck gefährlich werden kann: denn die Erde widersteht keineswegs wie festes Mauerwerk, sondern kann nachgeben, besonders wenn sie feiner, nasser, schwammiger Sand ist. Dafs die gemauerten Spannbogen, wenn sie sonst hinreichend stark sind, *jedem* Druck der Erde auf die Mauern widerstehen werden, ist unzweifelhaft, aber sie werden noch jedenfalls so gebaut werden müssen, dafs sie nicht die Mauern *nach der Erde hin* umwerfen können; denn auf den Widerstand der Erde ist, wie gesagt, für ein *Ge-*

wölbe, welches durchaus *keine Risse* bekommen darf, nicht mit Sicherheit zu rechnen. Die tragenden Bogen unter den gemauerten Steifen, so wie auch die umgekehrten Bogen darüber, dürfen daher durchaus nicht flach sein, sondern das Gewölbe mufs von der Art sein, dafs es sich selbst, ohne allen Seitendruck auf die Widerlagen, trägt. Dies kommt denn, wie es sich kurz ausdrücken läfst, darauf hinaus, dafs zwischen den Strebepfeilern *Mauern* sein müssen, in welchen unten Durchgänge sich befinden, in der für die Passage nöthigen Höhe halbkreisförmig überwölbt, und über diesen, bis oben zu, übereinander vollkreisförmige Öffnungen, vom Durchmesser der Breite der Strafse zwischen den Pfeilern, ausgespart und rundum mit gewölbten Bogen eingefafst. Nur so dürften Pfeiler, deren Höhe gegen die Breite oder Dicke, welche sich ihnen geben läfst, unverhältnifsmäfsig grofs ist, ebensowohl gegen den Druck von innen nach aufsen, als gegen den der Erde von aufsen nach innen fest sein und ihren Zweck erfüllen. D. H.]

Die Unsicherheit von Erdböschungen nimmt mit der Tiefe der Einschnitte zu: ein Einschnitt von 40 F. tief ist, mit der *gleichen* Neigung der Böschung, nicht so sicher, als wäre er an derselben Stelle nur 20 F. tief. Die Böschungen müssen um so flacher sein, je tiefer die Einschnitte sind. [Dieses ist, selbst im allgemeinen, nicht zu bestreiten; auch wenn man die Böschungen, wie es wohl immer sein sollte, terrassenförmig macht; denn über den untern Theil der Böschung fliefst jedenfalls mehr Wasser von starken Regengüssen, als über den obern, und also noch um so mehr, je tiefer der Einschnitt ist. Ist indessen im allgemeinen, in sonst festem Boden, die Böschung nur flacher als die *natürliche* Böschung der Erde, das heifst, als diejenige, in welcher die Erde von selbst liegen bleibt, und ist für die Abfangung der Quellen gesorgt, so darf der untere Theil der Böschung nur stärker befestigt werden, als der obere, wegen des vorhin erwähnten Umstandes, und die gleiche Böschung ist dann für *jede* Tiefe zureichend. Freilich giebt es auch Ausnahmen. D. H.] Also nehmen die Kosten eines Einschnitts in *noch* stärkerem Maafse mit der Tiefe zu, wie es der Fall sein würde, wenn die Böschung nicht für gröfsere Tiefen flacher sein müfste. Und findet sich nun, dafs z. B. ein 63 F. tiefer Einschnitt in Londoner Lehm oder ähnlicher Erde an den Seiten fest mit Mauerwerk nach der oben beschriebenen Art wohlfeiler eingefafst werden kann, als durch hinreichend flache Böschungen, so wird offenbar die feste Einfassung besser sein; und dies noch um so mehr in gröfseren Tiefen, und in Fällen, wo der Boden so verrätherisch ist, wie z. B. bei New-Cross und Forest Hill.

Es wird nicht zu viel sein, zu sagen, die Böschungen von Lehm müssen in 20 F. tiefen Einschnitten wenigstens 1½füfsig, auf 39 F. Tiefe 2füfsig und auf 63 F. Tiefe 2½füfsig sein. Mehrere Beispiele, aufser denen bei der Croydon-Eisenbahn, geben den sichern Beweis, dafs der Londoner Lehm, mit den darüber liegenden Erdschichten, selbst 3füfsige Böschungen nöthig hat, wenn die Höhe über 63 F. steigt, weil eine Böschung aus schlammigem Lehm und seifiger Erde, abwechselnd trocken und nafs und heifs und kalt, stete Gefahr hat und stete Kosten macht. Lassen sich also feste und sichere Einfassungen eines Einschnitts für weniger Geld und in kürzerer Zeit herstellen, als Böschungen, die nicht steiler als 2½füfsig sein dürfen, so ist kein Zweifel, dafs die festen Einfassungen den Vorzug haben werden; gar nicht zu gedenken der Kosten, welche bei den Böschungen hinterher wohl noch Abrutschungen oder Schächte und Strauch-Rigolen zur Ableitung der Quellen, oder Futtermauern gegen den Sand und Kies u. s. w. verursachen.

In jedem besondern Falle wird man die Kosten zu vergleichen haben. Die durch Fig. 3. 4. 5. und 6. vorgestellte Bauart scheint dem Verfasser für die gewöhnlichen Fälle von Durchstichen durch Lehmboden, und in dem Fall hinreichend guter Arbeit und fester Materialien, passend. Er würde sie vorschlagen, wo ein Durchstich *über 40 Fufs tief* sein mufs und mehr als *2füfsige* Erdböschungen nöthig haben würde, insofern die Kosten nicht höher sind als die der Böschungen. Das Absteifen der Erde bei dem Bau der Mauern würde allerdings kostbar sein, aber auch bei den Erdböschungen fehlt dergleichen nicht ganz.

Die Figuren 3. und 5. stellen einen, bis auf die Schienen der Eisenbahn 63 F. tiefen Einschnitt vor. Es ist angenommen, dafs oben die Erde bis auf 15 F. tief weniger als 2füfsige Böschung bekommen kann und dafs es vortheilhafter sei, bis auf diese Tiefe wirklich Erdböschungen zu machen und nur die übrigen 48 F. bis zu den Schienen hinunter, oder in Allem die übrigen 50 F. tief, durch Mauerwerk zu befestigen. Da die Verfertigung des Mauerwerks Fach um Fach dem Ausgraben der Erde folgen kann und die Mauern nur meistens an der Seite zu bauen sind, also die Arbeit an denselben dem Wegschaffen der Erde nicht hinderlich ist, so kann dieses Wegschaffen ungestört geschehen. Die Erde wird erst absatzweise oder mit Bänken ausgegraben und dann, sobald es nöthig ist, abgesteift. Da jedes Fach, mit seinen Strebepfeilern, Spannbogen und Gewölben, gegen die Erde in sich ein Ganzes ausmacht, so kann, so wie ein Fach fertig geworden ist, die Steifung

weggenommen, die Erde hinter die Mauern gestampft und das Holz weiter gebraucht werden. [Dies möchte wohl nicht für *jedes nächste* Fach zu rathen sein, sondern höchstens erst je für das *dritte;* denn sonst könnten die gegen den Druck der Erde gerichteten, gegen die Pfeiler sich stemmenden Gewölbe den Pfeiler *seitwärts* umdrücken: erst mufs das Gewölbe eines Fachs wenigstens gegen ein *folgendes Gewölbe* sich stemmen können, ehe die Steifung weggenommen wird; nicht blofs gegen einen *Pfeiler*. D. H.]

Um dem Wasser Abzug zu verschaffen, lasse man es entweder über die Mitte des umgekehrten Grundgewölbes fliefsen, oder durch kleine, röhrenförmig gewölbte Canäle, die durch die Pfeiler gehen und mit welchen kleine Schächte hinter den Pfeilern in Verbindung stehen, die bis oben hin reichen. Diese Schächte, welche, mit Unterbrechungen, Öffnungen nach der Seite erhalten, werden dienen, das Wasser aus der Erde abzuziehen, und zu verhindern, dafs es sich hinter den Mauern, oder auch im Boden, ansammle.

Folgendes ist eine vergleichende Berechnung der Kosten für 20⅓ laufende Fufs Einfassung eines 63 F. tiefen Durchschnitts in Lehm, mit 2½füfsigen Böschungen, unten, 2 F. tief unter den Schienen, 32 F. breit, und mit dem oben beschriebenen Mauerwerk. Es sind mittlere Preise angenommen und für die Erd-Arbeit bei den Mauern ist mehr angesetzt, als für die in dem offenen Durchstich; mit noch einer Zulage für das Stampfen der Erde und für die Absteifung. Nebenwerke sind nicht in Rechnung gebracht, weil sie in den beiden Fällen ziemlich gleich viel kosten würden.

I. Für den offenen Durchstich.

Für 51 Quadratruthen Land, zu 3 Thlr. 25 Sgr., . . .	193 Thlr.	15 Sgr.	
Für 1794 Sch. R. Erd-Arbeit, zu 2 Thlr. 8 Sgr., . .	4063 -	9 -	
Zusammen	4256 Thlr.	24 Sgr.	

II. Für die Einfassung mit Mauern.

Für 13½ Quadratruthen Land, zu 3 Thlr. 25 Sgr., .	52 Thlr.	12½ Sgr.	
Für 129 Sch. R. Erd-Arbeit in dem oben offenen, geböschten Einschnitt, zu 2 Thlr. 8 Sgr., ...	292 -	12 -	
Für 295 Sch. R. dergleichen für den senkrechten Einschnitt, zu 2 Thlr. 27½ Sgr., ...	860 -	12½ -	
Für 1¾ Sch. R. Lehm hinter die Mauern zu stampfen, zu 2 Thlr. 10 Sgr., ...	4 -	2½ -	
Bis hieher	1209 Thlr.	9½ Sgr.	

	Bis hierher	1209 Thlr.	9½ Sgr.	
Für 15 Sch. R. groben Kies, zu 6 Thlr. 20 Sgr., .		100 -	—	-
Für das Haupt-Mauerwerk [dasselbe ist sonderbarerweise nach der *Fläche* berechnet, den Rod zu 80 Thlr. D. H.]		1494 -	—	-
Für Cementmauerwerk, Zulage		30 -	—	-
Desgleichen mit behauenen Steinen		24 -	—	-
Für die schrägen Hinterseiten der Pfeiler		8 -	20	-
Für die kleinen Wasserschachte, in Cement, . . .		13 -	10	-
Für Decksteine, mit dem Einsetzen, ...		155 -	5	-
Für das Absteifen der Erde		140 -	—	-
Für Lehrbogen zu den Gewölben		33 -	10	-
	Zusammen	3207 Thlr.	24½ Sgr.	
Der Einschnitt mit Böschungen kostet		4256 -	24	-
	also	1051 Thlr.	½ Sgr.	

oder etwa 32½ pro cent *mehr* als der Einschnitt mit festen Mauern eingefafst.

Wenn auf diese Weise die vorgeschlagene Art der Einfassung eines Einschnitts vortheilhaft ist, so kann der Gewinn von 32½ pr. C. benutzt werden, um an der auf den Einschnitt folgenden *Aufschüttung* zu sparen; welche dann niedriger werden kann. Wenn z. B. eine 50 F. hohe Aufschüttung auf einen 50 F. tiefen Einschnitt folgt, so braucht erstere nur noch 35 F. hoch zu sein, wenn sich für dasselbe Geld der Einschnitt 65 F. tief machen läfst.

In dem obenerwähnten, vergleichsweise nicht tiefen Durchstich zwischen Camden Town und Euston Square enthalten 24 laufende Fufs (Engl.) der 20 F. hohen Futtermauern, so wie sie gebaut sind, nahe an 17 Rods Ziegelmauerwerk, während, wenn man nach Fig. 7. und 8. baute, mit Pfeilern in der Mitte, so wie es schon zu den Brücken und Querdurchgängen geschieht, nur 10½ Rods, also etwa nur Fünf-Achtel der Masse nöthig sein würden.

Bemerkungen.

Der General *Pasley* bemerkte, dafs die obige, von dem Herrn Professor *Hosking* vorgeschlagene Bau-Art schon von Herrn *A. J. Adie* bei dem Durchstich von Choley auf der Eisenbahn zwischen Bolton und Preston wirklich ausgeführt worden sei. Dieser Durchstich ist etwa 58 F. tief und in Sand gegraben, welcher zwar oben trocken war, unten aber nafs und schlammig wurde. In dem Sande fanden sich grofse Massen Lehm, die, an die Luft ge-

bracht, von oben bis unten barsten. Fürchtend, dafs die ausdehnende Kraft des Lehms eine gewöhnliche Futtermauer umdrängen möchte, liefs Herr *Adie*, um eine dicke Mauer zu sparen, eine Reihe von Bogen oder Streben quer über die Strafse, 14½ F. von Mitte zu Mitte entfernt, machen. Diese Bogen, Fig. 9. und 11. waren mit Mauerwerk von Geschieben und rohen Bruchsteinen gefüllt. Der untere Bogen entsprang an den Seitenmauern 11 F. hoch und erhob sich mit seinem Gipfel bis auf 14½ F. Im Gipfel, wo die beiden Bogen zusammenstiefsen und aus einen und denselben Steinen gebildet wurden, waren sie 12 Zoll dick und mit rauhen Fliesen belegt, um die Fugen gegen die Nässe zu schützen. Die Futtermauern waren unten 3 F. 8 Zoll dick, hinten senkrecht, vorn schräg, und oben 1 F. 11 Zoll dick. Die Strebepfeiler aufsen an den Mauern waren ebenfalls senkrecht und 2 F. 5 Zoll dick. Die Mauern waren auf eine Lage Kohlenschlacken gesetzt, die Herr *Adie* dem Béton vorzog und die er in nassem Boden sehr fest befunden hatte. [Hier ist nur erst ein Theil der dem obigen Vorschlage zum Grunde liegenden Idee ausgeführt; die Bogen gegen die Erde, zwischen die Pfeiler gespannt, fehlen noch. D. H.]

Der Capitain *Vetch* sagt, es würde gewifs Herrn *Hosking* angenehm sein, zu erfahren, dafs eine Ausführung seines Vorschlages sich versuchsweise schon bewährt habe; nemlich in einem Einschnitt unweit des Dorfes Moseley, auf der Eisenbahn zwischen Birmingham und Gloucester. Dieser Einschnitt war etwa 29 F. tief; der Boden war oben fester Kies und trockner Sand, weiter unten feuchter und unten in der Tiefe schwimmender Sand. Der Einschnitt wurde gegraben, die Böschungen liefs man roh und machte sie so, wie die Erde es zuliefs. Als die Zeit der Eröffnung der Eisenbahn herankam und noch keine Vorbereitungen zu einem Eisenbahnstollen gemacht waren, schien es, dafs man dazu werde schreiten müssen. Der Capitain *Vetch* schlug dem Ingenieur der Bahn, Capitain *Moorsom*, welcher ihn zuzog, vor, alle 14½ F. einen umgekehrten Spannbogen von Ziegeln (Fig. 12. 13. und 14.) querüber unter die Eisenbahn wölben, auf die Enden dieser Bogen krumme Strebepfeiler setzen, gegen jedes Paar Strebepfeiler an jeder Seite der Strafse eine gewölbte Mauer sich stemmen und dann auch quer über die Strafse Bogen wölben zu lassen. Dieses Mauerwerk gab den Böschungen vollkommne Sicherheit und kostete wenig. [?] Es wurde indessen nöthig erachtet, auch noch die Räume zwischen den einzelnen Bogen quer über die Strafse zuwölben zu lassen, und so wurde mit geringen [?] Kosten ein vollständiger *Tunnel* hergestellt. Die Strebepfeiler, Bogen und Gegenbogen hatten 2 Q. F. Querschnitt;

die krummen Mauern und die Gewölbe waren nur 9 Zoll dick, aber hinten mit etwas Béton belegt. [Das wäre denn freilich auf gewisse Weise eine vollständige Ausführung der Vorschläge des Herrn ***Hosking***, aber doch wohl eine etwas seltsame Benutzung; denn man hat hier einen Tunnel gemacht, wo er nicht im entferntesten nothwendig war; was denn ungefähr so ist, als wenn man bei Tage, statt das Sonnenlicht ins Zimmer scheinen zu lassen, die Fensterladen schliefsen und Lampen anzünden wollte! Eine richtige und passende Anwendung der Vorschläge des Herrn ***Hosking*** dürfte dagegen, wie im Eingange bemerkt, in vielen Fällen wesentlichen Nutzen gewähren, und der Vorschlag verdient, um es zu wiederholen, alle Berücksichtigung. D. H.]

17.

Über die verschiedenen Arten, die Spannkraft der atmosphärischen Luft als bewegende Kraft auf Eisenbahnen zu benutzen, von welchen eine die der sogenannten atmosphärischen Eisenbahnen ist.

(Vom Herausgeber dieses Journals.)

(Schlufs des Aufsatzes No. 2. im ersten, No. 9. im zweiten, No. 17. im vierten Hefte ein und zwanzigsten und No. 2. im ersten, No. 10. im zweiten, No. 13. im dritten Hefte dieses Bandes.)

XVIII. Luft- und Kraftbedarf für das Eisenbahnsystem No. IV. §. 4.

62.

A. Hier ist die längs der Bahn zwischen den Schienen liegende Röhre der ***Behälter***, aus welchem der Luftwagen die zur Fortschaffung des Wagenzuges nöthige Kraft ***zusammengepreſster*** Luft zu schöpfen hat. Die Triebröhre mufs also nicht allein so viel ***Luftmasse*** herzugeben im Stande sein, als der Luftwagen bedarf, sondern sie mufs auch an jeder Stelle der Bahn, und folglich auch auf den ***stärksten*** Abhängen, so wie noch am Ende der Fahrt, Luft von derjenigen ***Spannung*** enthalten, die zur Hervorbringung der Triebkraft nöthig ist. Der Überschufs an Spannung über die der atmosphärischen Luft, welchen die Luft in der Triebröhre ***am Ende der Fahrt*** noch, der nöthigen Triebkraft wegen, besitzen mufs, wird aber in der Regel ***verloren*** gehen, wenn nicht etwa die Röhre ***sogleich*** wieder zu der ***Rückfahrt*** oder ***Hinfahrt*** eines andern Wagenzuges benutzt werden kann; denn, wenn sie längere Zeit in der Röhre bleibt, wird sie durch die nie ganz dichte Längsklappe entweichen.

B. Die zur Ersteigung des ***stärksten*** Abhanges β_m der Bahn nöthige Spannung der Luft in der Triebröhre werde, wie oben, durch μ_m, die am ***Ende*** der Fahrt noch für den dortigen Abhang β_z nöthige Spannung durch μ_z bezeichnet. Wir wollen den ***günstigsten*** Fall annehmen, nemlich, dafs nicht allein der ***stärkste*** Abhang gerade am ***Anfang*** der Fahrt vorkomme, sondern dafs auch die Abhänge überhaupt von der Art sind, dafs die Spannung der Luft in der Triebröhre, so wie sie ***allmälig*** durch den Luftwagen ***ausgeschöpft*** wird, immer noch hinreiche; also auch am ***Ende*** der Fahrt nur noch die ***schwächste***

Spannung nöthig sei. Häufig wird es sich weniger günstig verhalten; es können erst entfernt von dem Anfange, und selbst erst nahe am Endpunct, die *stärksten* Gefälle sich befinden, so dafs selbst die für die *stärksten* Gefälle nöthige Spannung der Luft *zuletzt* noch in der Triebröhre übrig bleiben mufs, und also *verloren* geht.

In dem angenommenen günstigsten Falle mufs die Triebröhre, wenn, wie oben, ihr Durchmesser $= \delta$ und die Länge der Bahn $= L$ ist, am *Anfang* der Fahrt $\frac{1}{4}\pi\delta^2 L(1+\mu_m)$ und am *Ende* der Fahrt noch $\frac{1}{4}\pi\delta^2 L(1+\mu_z)$ C. F. atmosphärische Luft enthalten.

C. Bezeichnet man nun, ebenfalls wie oben, den Bedarf an Luft zu der Fahrt durch S, so mufs die Luftmasse, welche während der Fahrt aus der Röhre ausgeschöpft wird, dem Unterschiede der beiden obigen Massen gleich sein. Dieses giebt

510. $$S = \tfrac{1}{4}\pi\delta^2 L(1+\mu_m-1-\mu_z) = \tfrac{1}{4}\pi\delta^2 L(\mu_m-\mu_z),$$

und diese Gleichung bestimmt den der Röhre nöthigen *Durchmesser* δ. Sie giebt

511. $$\delta^2 = \frac{4S}{\pi L(\mu_m-\mu_z)}.$$

D. Aber S ist nicht diejenige Luftmasse, welche eigentlich die Fahrt kostet. Diese letztere, welche durch S_m bezeichnet werden mag, ist die *gesammte* Luftmasse, welche am *Anfange* über die Spannung der atmosphärischen Luft hinaus in der Röhre enthalten war, indem das, was am Ende der Fahrt davon noch übrig bleibt, nach der Bemerkung in (*A.*) durch die nie ganz dichte Längsklappe *entweichen* wird, wenn nicht die Röhre sogleich wieder zu einer Rückfahrt sich benutzen läfst. Die Fahrt wird also *in der Regel*

512. $$S_m = \tfrac{1}{4}\pi\delta^2 L\mu_m \text{ Cub. F.}$$

oder, den Werth von δ^2 aus (511.) substituirt,

513. $$S_m = S\cdot\frac{\mu_m}{\mu_m-\mu_z} \text{ C. F. atmosphärische Luft}$$

kosten.

E. Für die Bestimmung der auf den Abhängen β_m und β_z nöthigen Spannung der Luft in der Röhre kann man der Allgemeinheit wegen auf einen Luftwagen von der *zweiten* Art rechnen, in dessen Cylinder die zusammengepreſste Luft nicht während des *ganzen* Kolbenlaufs λ, sondern nur für den Theil

514. $$k = \frac{\lambda}{1+\mu_1} \quad (340.)$$

desselben eingelassen wird; was denn nach (§. 46.) für die Spannung μ_1 ein Maximum der Wirkung giebt. Denn der Fall eines Luftwagens *erster* Art ergiebt sich daraus unmittelbar, wenn man $\mu_1 = 0$ setzt.

Für einen Luftwagen *zweiter* Art giebt die allgemeine Formel (378.), sowohl die für den *stärken* Abhang β_m, als für den Abhang β_z am *Ende* der Fahrt, nöthige Spannung der Luft, nemlich:

515. $$1+\mu_m = \frac{1+\mu_1}{1+\log\text{nat}(1+\mu_1)}\left[1+\frac{QD(n+\tang\beta_m)}{\Delta^2\lambda\sigma}\right] \text{ und}$$

516. $$1+\mu_z = \frac{1+\mu_1}{1+\log\text{nat}(1+\mu_1)}\left[1+\frac{QD(n+\tang\beta_z)}{\Delta^2\lambda\sigma}\right].$$

F. Aus (515. und 516.) folgt

517. $$\mu_m-\mu_z = \frac{1+\mu_1}{1+\log\text{nat}(1+\mu_1)}\cdot\frac{QD(\tang\beta_m-\tang\beta_z)}{\Delta^2\lambda\sigma} \text{ und}$$

$$\mu_m = \frac{1+\mu_1}{1+\log\text{nat}(1+\mu_1)}\cdot\frac{\Delta^2\lambda\sigma+QD(n+\tang\beta_m)}{\Delta^2\lambda\sigma}-1 \text{ oder}$$

518. $$\mu_m = \frac{(\mu_1-\log\text{nat}(1+\mu_1))\Delta^2\lambda\sigma+(1+\mu_1)QD(n+\tang\beta_m)}{(1+\log\text{nat}(1+\mu_1)\Delta^2\lambda\sigma}.$$

Dies in (513.) gesetzt, giebt

519. $$S_m = S\cdot\frac{(\mu_1-\log\text{nat}(1+\mu_1))\Delta^2\lambda\sigma+(1+\mu_1)QD(n+\tang\beta_m)}{(1+\mu_1)QD(\tang\beta_m-\tang\beta_z)}.$$

G. Hierin wäre nun noch der Ausdruck der zur Fahrt nöthigen Luftmasse zu substituiren, die ebenfalls von μ_1 abhängt.

Nehmen wir eine Bahn an, in welcher keine Stelle so steil ist, dafs die Wagen blofs von der Kraft der Schwere getrieben hinunterrollten, was ziemlich der günstigste Fall für das gegenwärtige System sein würde, indem alsdann die nöthige stärkste Spannung am geringsten ist, und lassen der Kürze wegen die zur ersten Hervorbringung der Geschwindigkeit nöthige Luftmasse aufser Acht, so giebt der Ausdruck (440.) den Werth von S. Also ist für diesen Fall in (519.)

520. $$S_m =$$

$$\frac{L(QD(n+\tang\gamma))+\Delta^2\lambda\sigma)}{(1+\log\text{nat}(1+\mu_1))D\sigma}\cdot\frac{(\mu_1-\log\text{nat}(1+\mu_1))\Delta^2\lambda\sigma+(1+\mu_1)QD(n+\tang\beta_m)}{(1+\mu_1)QD(\tang\beta_m-\tang\beta_z)},$$

wenn man durch γ den Winkel bezeichnet, welchen eine durch den Anfangs- und den Endpunct der Bahn gezogene gerade Linie mit dem Horizonte machen würde; denn um die Formel (440.), die für eine einzelne, um β geneigte Bahnstrecke gilt, auf die ganze Bahn auszudehnen, mufs man nach (§. 35. *G.*) die *algebraische* Summe des Steigens und Fallens der Bahn in Rechnung bringen.

H. Aus der Formel (520.) müfste man nun dasjenige μ_1 suchen, welches für S_m ein Minimum giebt, insofern alle übrigen darin vorkommenden Gröfsen, namentlich auch der Durchmesser Δ der Cylinder des Luftwagens und die Länge λ des Kolbenlaufs, als bestimmt vorausgesetzt werden.

Aber da sich dann S nach μ_1 richtet, und der Durchmesser der Triebröhre δ (511.) ebenfalls, so könnte daraus ein nicht passendes δ folgen. Der Durchmesser der Triebröhre ist vielmehr so ziemlich im Voraus bestimmt. Er darf *nicht zu klein* sein, nicht gut unter 14 Zoll, weil sonst die Längsklappe und ihre Bewegung nicht wohl ausführbar ist, und auch *nicht zu grofs*, weil sonst die Röhre gar zu kostbar wird.

Es kommt also zufolge (512.) insbesondere darauf an, dafs μ_m so klein sei, als möglich; jedoch mufs dieses μ_m auch noch wieder in (510.) das nöthige S geben. Gemäfs (510.) ist

$$521. \quad \tfrac{1}{4}\pi\delta^2 L\mu_m = S + \tfrac{1}{4}\pi\delta^2 L\mu_z,$$

also kann S_m (512.), statt wie in (512.), auch durch

$$522. \quad S_m = S + \tfrac{1}{4}\pi\delta^2 L\mu_z$$

ausgedrückt werden.

Hierin die Ausdrücke von S (440.) und von μ_z (516.) gesetzt, giebt

$$S_m = \frac{L}{1+\log\text{nat}(1+\mu_1)} \frac{QD(n+\text{tang}\gamma)+\Delta^2\lambda\sigma}{D\sigma}$$
$$+ \tfrac{1}{4}\pi\delta^2 L \frac{(\mu_1-\log\text{nat}(1+\mu_1))\Delta^2\lambda\sigma+(1+\mu_1)QD(n+\text{tang}\beta_z)}{(1+\log\text{nat}(1+\mu_1))\Delta^2\lambda\sigma} \quad \text{oder}$$

$$523. \quad S_m = \frac{L}{1+\log\text{nat}(1+\mu_1)}\Big[\frac{Q}{\sigma}\Big(n+\text{tang}\gamma+(1+\mu_1)\frac{\pi\delta^2 D}{4\Delta^2\lambda}(n+\text{tang}\beta_z)\Big)$$
$$+\frac{\Delta^2\lambda}{D}+\tfrac{1}{4}\pi\delta^2(\mu_1-\log\text{nat}(1+\mu_1))\Big].$$

Für diese Formel müfste man nun dasjenige μ_1 suchen, welches das *kleinste* S_m giebt. Das Resultat würde aber nur durch Reihen zu finden sein, und im allgemeinen wird man durch einige Proben, nach der Formel (522.), leichter zum Ziele kommen.

63.

A. Nachdem S_m gefunden ist, kommt es auf die Kraft an, welche die *Luftpumpe* haben mufs, um so viel Luft, als die Triebröhre bedarf, von der Spannung 1 an, bis zur Spannung $1+\mu_m$ zusammenzupressen. Dieses ist dann die *zu einer* Fahrt nöthige *Kraft*.

B. Nach (§. 23. 76.) ist, um in einem Raume b die Luft von der Spannung $1+\lambda$ auf die Spannung $1+\nu$ zu bringen, das Kraftmoment

524. $$N = \tfrac{1}{2}\sigma b(\nu^2-\lambda^2)$$

nöthig.

Wenn ν und λ, wie es hier der Fall sein kann, *sehr* verschieden sind, so kann ein- und derselbe Kolben der Luftpumpe nicht die ganze Zusammenpressung verrichten; denn die Kraft zum Niederdrücken des Luftkolbens wächst zu stark. Beim *ersten* Kolbenschlage ist sie nach (74.),

525. $$= k\sigma\left(\lambda+\tfrac{1}{2}\frac{k}{b}\right),$$

vor dem *letzten* $n$ten Kolbenschlage

526. $$= k\sigma\left(\lambda+(n-\tfrac{1}{2})\frac{k}{b}\right) = k\sigma\left(\lambda+(\nu-\lambda-\tfrac{1}{2})\frac{k}{b}\cdot\frac{b}{k}\right) = k\sigma(\nu-\tfrac{1}{2}),$$

also etwa ebensovielmal so grofs, als es ν gegen λ ist.

Man wird daher *absatzweise* Kolben, der Reihe nach entweder von geringerer *Fläche* oder von geringerem *Hube*, in Bewegung setzen müssen, wenn man will, dafs einigermaafsen die Maschine, welche die Luftpumpe treibt, eine nicht gar zu verschiedene Kraft anzuwenden habe, oder die Bewegung nicht ungleichförmig ausfalle und auf die Schwungräder zu viel gerechnet werden müsse.

C. Man setze also, die Luft werde zunächst durch einen gröfsern Kolben von der Spannung λ auf die Spannung ν_1 gebracht, und zwar durch m_1 Pferdekräfte in t_1 Secunden; hierauf durch einen etwas kleineren Kolben von der Spannung ν_1 auf die Spannung ν_2 durch m_2 Pferdekräfte in t_2 Secunden; ferner durch einen noch kleineren Kolben von der Spannung ν_2 auf die Spannung ν_3 vermittels m_3 Pferdekräfte in t_3 Secunden u. s. w. Alsdann mufs, wenn man die zugehörigen Momente durch N_1, N_2, N_3, ... bezeichnet, nach (81.)

527. $$m_1 t_1 \varphi = N_1, \quad m_2 t_2 \varphi = N_2, \quad m_3 t_3 \varphi = N_3, \quad \ldots.$$

sein.

Will man nun, dafs die Zahl der nöthigen Pferdekräfte für die verschiedenen Theile der Zusammenpressung *dieselben* bleiben, also dafs

528. $$m_1 = m_2 = m_3 \ldots. = m$$

sei, so giebt (527.), wenn man die *Summe* nimmt,

529. $$m(t_1+t_2+t_3\ldots.)\varphi = N_1+N_2+N_3\ldots.,$$

oder, wenn die gesammte Zusammenpressung in t Secunden geschehen soll,

so dafs

$$530. \quad t_1+t_2+t_3 \ldots = t$$

ist,

$$531. \quad mt\varphi = N_1+N_2+N_3 \ldots$$

Nun ist gemäfs (524.)

$$532. \quad \begin{cases} N_1 = \frac{1}{2}\sigma b(\nu_1^2-\lambda^2), \\ N_2 = \frac{1}{2}\sigma b(\nu_2^2-\nu_1^2), \\ N_3 = \frac{1}{2}\sigma b(\nu_3^2-\nu_2^2), \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ N_n = \frac{1}{2}\sigma b(\nu^2-\nu_{n-1}^2). \end{cases}$$

Also giebt (531.)

$$533. \quad mt\varphi = \tfrac{1}{2}\sigma b(\nu^2-\lambda^2) \text{ und}$$

$$534. \quad m = \frac{\frac{1}{2}\sigma b(\nu^2-\lambda^2)}{t\varphi}.$$

D. Für die Systeme I. II. und III. §. 4. mit Lufttriebröhren, in welchen der Kolben entweder von der verdünnten Luft gleichsam nach sich gezogen, oder von der zusammengepreſsten Luft vor sich hergetrieben wird, müssen die Luftpumpen unbedingt so stark sein, dafs sie die zur Fahrt nöthige Luftmasse *während* der Fahrt, also in sehr kurzer Zeit liefern; was denn *sehr* starke Maschinen erfordert. In diesem Falle sind *besondere* Behälter, in welchen man die Luft zuvor mit gröfserer Mufse verdünnt, oder in welchen man sie vorher zusammenpreſst, um sie hernach aus der Triebröhre bloſs vermittels eines Hahnes in die Behälter, oder umgekehrt, die verdichtete Luft aus den Behältern in die Triebröhre strömen zu lassen, besonders nützlich und nöthig; wie solches weiter oben nachgewiesen worden ist. Hier bei No. IV., wo die Luftpumpe *während* der Fahrt nichts weiter zu thun hat, als das, was durch die Längsklappe entweicht, zu *ersetzen*, sind besondere Behälter weniger nothwendig; sie würden sogar vielleicht nicht einmal vortheilhaft sein, da in denselben die Luft jedenfalls *stärker* zusammengepreſst werden müfste, als es für die Triebröhre nöthig ist. Hier also wird man anzunehmen haben, dafs die Luftpumpe die Luft *unmittelbar* in die Triebröhre treiben solle. Man muſs aber dann für den Verlust durch die Längsklappe *während* des Pumpens einen zu der Dauer desselben im Verhältniſs stehenden Theil zu dem Bedarf hinzusetzen.

E. Das Volumen der Triebröhre ist

$$535. \quad b = \tfrac{1}{4}\pi\delta^2 L,$$

und da die Luft von der Spannung 1 bis auf die Spannung $1+\mu_m$ zusammen-

gepreſst werden soll, so ist $\lambda = 0$ und $\nu = \mu_m$, mithin in (534.)

$$536. \quad m = \frac{\frac{1}{2}\sigma \cdot \frac{1}{4}\pi\delta^2 L \cdot \mu_m^2}{t\varphi} = \frac{\pi\delta^2 L \sigma \mu_m^2}{8t\varphi},$$

oder auch, zufolge (512.),

$$537. \quad m = \frac{\sigma S_m \mu_m}{2t\varphi}.$$

Dies ist die Anzahl der Pferdekräfte, welche die die Luftpumpen in Bewegung setzenden Maschinen haben müssen, um in t Secunden die zu einer Fahrt nöthige Luftmasse S_m in der Triebröhre auf die Spannung μ_m zu bringen; und wegen des Verlustes durch die Längsklappe muſs man einen verhältnifsmäfsigen Theil *zusetzen*.

64.

Zu einem Beispiel wollen wir wieder die Eisenbahn zwischen Berlin und Potsdam annehmen. Sie eignet sich dazu, wenigstens für die Fahrt von Berlin nach Potsdam; denn die *stärksten* Gefälle befinden sich da wirklich so ziemlich am Anfange und nehmen auch nach dem Ende der Bahn hin so ziemlich fortwährend ab. Bei Potsdam liegt die Bahn *horizontal*.

Die Länge dieser Bahn L ist $= 84\,000$ F. und der Endpunct bei Potsdam liegt 7 F. höher als der Anfangspunct bei Berlin. Das *stärkste* Gefälle β_m ist 1 auf 300.

A. Da hier keine Gefälle vorkommen, auf welchen die Wagen bloſs von der Schwere getrieben hinabrollten, so ist zufolge (216.) für die *erste* Art von Luftwagen der Luftbedarf, welcher durch S_0 bezeichnet werden mag,

$$538. \quad S_0 = L\left(\frac{\Delta^2\lambda}{D} + \frac{nQ}{\sigma}\right) + H_1\frac{Q}{\sigma} + \frac{c^2}{4g(\tang\beta_m - \tang\beta_0)}\,\frac{\lambda^2}{D^2}\left(\Delta^2\frac{\lambda}{D} + \frac{Q}{\sigma}(n + \tang\beta_1)\right),$$

wo β_m den stärksten Abhang bezeichnet, also $\frac{1}{300}$ ist, β_0 den Abhang am *Anfange* der Bahn, wo die Geschwindigkeit c, die 40 F. sein mag, hervorgebracht werden soll, und der 0 ist, und H_1 die Höhe des Endpuncts über dem Anfangspunct, welcher $= 7$ F. ist. Das Gewicht der Wagen Q werde wie in (§. 37.) $= 1800$ Ctr. gesetzt.

B. Da zufolge (515. und 516.) μ_m und μ_x um so kleiner sind, je gröfser man den Durchmesser Δ und die Länge λ der Cylinder des Luftwagens annimmt, so setzen wir diese sogleich möglichst grofs, nemlich, wie in (452.), $\Delta = 1$ und $\lambda = 1\frac{1}{2}$. Nimmt man dann, wie weiter oben, $D = 5$ F. und

$n = \frac{1}{250}$ an, so ergiebt sich in (538.)

539. $S_0 = 57246$ C. F.

C. Nun ist weiter für (515.), nemlich für den stärksten Abhang $\text{tang}\beta_m = \frac{1}{300}$, wie schon in (453.) berechnet,

540. $1 + \frac{QD(n + \text{tang}\beta_m)}{\Delta^2 \lambda \sigma} = 3{,}75.$

Für (516.), nemlich für den Abhang $\text{tang}\beta_z = 0$ am Ende der Fahrt, ist

541. $1 + \frac{QDn}{\Delta^2 \lambda \sigma} = 2{,}5.$

Das Erste giebt, wie in (454.), wenn man in (515.) die verschiedenen Werthe von μ_1 setzt,

542.

Für $\mu_1 = 0$	1	2	3	4	5	6
$\mu_m = 2{,}75$	3,424	4,364	5,286	6,187	7,057	7,909.

Das Andere giebt

543.

Für $\mu_1 = 0$	1	2	3	4	5	6
$\mu_z = 1{,}5$	1,949	2,576	3,191	3,791	4,371	4,940,

also

544.

Für $\mu_1 = 0$	1	2	3	4	5	6
$\mu_m - \mu_z = 1{,}25$	1,475	1,788	2,095	2,396	2,686	2,969.

D. Andrerseits giebt (538.), weil nach (§. 54. *G.*)

545. $S = \frac{S_0}{1 + \log\text{nat}(1 + \mu_1)}$

ist, wenn man die Werthe von $1 + \log\text{nat}(1 + \mu_1)$ aus (439.) nimmt,

546.

Für $\mu_1 = 0$	1	2	3	4	5	6
$S = 57246$	33815	27295	23992	21942	20500	19429.

E. Setzt man den Durchmesser der Triebröhre $\delta = 1\frac{1}{6}$ F., so ist ihr Inhalt

547. $\frac{1}{4}\pi\delta^2 L = \frac{1}{4} \cdot 3\frac{1}{7} \cdot 1\frac{1}{6}^2 \cdot 84000 = 89833$ C. F.

Da nun nach (510.) dieser Inhalt, mit dem *Unterschiede* $\mu_m - \mu_z$ der beiden *nothwendigen* Spannungen der Luft multiplicirt, den Luftbedarf S zu der Fahrt geben mufs, so sieht man aus (546. 547. und 544.), dafs schon der *geringste* Werth 0 von μ_1 *mehr* giebt als nöthig ist; denn schon für $\mu_1 = 0$ ist $\mu_m - \mu_z = 1{,}25$ und $\frac{1}{4}\pi\delta^2 L(\mu_m - \mu_z) = 112291$, während nach (546.) für $\mu_1 = 0$ nur ein S von 57246 nothwendig ist. Es ist also hier ein Luftwagen *erster* Art an seiner Stelle, und die Luft darf nach (542.) in der Triebröhre nur auf die überschüssige Spannung $\mu_m = 2{,}75$ zusammengepreſst werden.

Dies giebt denn nach (512.)

548. $S_m = 89833 \cdot 2{,}75 = 247041.$

F. Setzt man nun, dafs in 12 Stunden 12 Fahrten gemacht werden sollen, so passirt der Kolben die Röhre jede Stunde einmal. Also mufs die nöthige stärkste Spannung der Luft in der Röhre von den Pumpen in *einer Stunde* hergestellt werden können. Davon geht die Dauer der Fahrt ab, für welche, wenn man z. B. die ganze Länge der Bahn in 4 Theile theilt und die Maschinen in die Theilungspuncte setzt, 10 bis 12 Minuten zu rechnen sind, so dafs für die Arbeitszeit der Luftpumpen 48 bis 50 Minuten bleiben. Da aber die Luftpumpen auch dann noch Kraft genug haben müssen, wenn etwa ausnahmsweise Fahrten *schneller* auf einander folgen, so wird man wenigstens rechnen müssen, dafs sie im Stande sein sollen, die Luft in der Triebröhre in einer *halben Stunde* bis auf die nöthige Spannung zu bringen. Demnach ist für (537.) $t = 30 \cdot 60 = 1800$ und also

$$549. \quad m = \frac{18 \cdot 110 \cdot 247041 \cdot 2{,}75}{2 \cdot 1800 \cdot 400} = 934 \text{ Pferdekräfte.}$$

G. Hiezu kommen zunächst die überall angenommenen 10 pr. c. für die Reibung der Maschinentheile etc., also noch 93 Pferdekräfte. Geschehen die Fahrten regelmäfsig, nemlich so, dafs gleich nach einer vollendeten Hinfahrt die Röhre wieder zu einer Rückfahrt innerhalb einer Stunde vollzupumpen ist, so ist weiter *kein* Verlust durch die Klappe anzusetzen, sondern er ist schon reichlich dadurch in Rechnung gebracht, dafs man S_m statt S einzupumpen verlangt hat, und dafs also vorausgesetzt ist, es gehe jetzt *während* des Pumpens so viel verloren, als die ganze, zuletzt noch übrig bleibende überschüssige Spannung beträgt. In der That rechnet man im Fall *regelmäfsiger* Fahrten *zu viel;* denn das gefundene m reicht zufolge (§. 63. *C.*) hin, um in der Triebröhre die Spannung der Luft *von der der Atmosphäre* 1 auf die nöthige *stärkste* Spannung μ_m zu bringen; freilich ohne Rücksicht auf Das, was während des Einpumpens durch die Längsklappe verloren geht. Bei *regelmäfsigen* Fahrten geht indessen die, zuletzt nach Ausschöpfung des Luftbedarfs S und nach Abzug der während der Fahrt durch die Klappe entweichenden Luft noch übrig bleibende Spannung *nicht* verloren, sondern die Luftpumpe hat diese übrig bleibende Spannung nur wieder bis auf μ_m zu erhöhen. Gleichwohl müssen die Maschinen die obige Kraft haben; nicht gerade nach der Ruhe während der Nacht, weil sie dann vor dem Anfang der Fahrten auch länger arbeiten können, sondern für etwa ausgebliebene Züge und für andere Zufälle. Während also die gefundene Kraft für den Verlust durch die Klappe allerdings mehr als ausreichen wird, dürfte dennoch diese Kraft nöthig sein.

Man wird also

550. $m = 934 + 93 = 1027$ Pferdekräfte

anzusetzen haben.

XIX. Luft- und Kraftbedarf für das Eisenbahnsystem No. V. §. 4.

65.

A. Auch hier sind *besondere* Behälter, in welchen man erst die Luft zusammenpreſst, ehe sie in die vom Luftwagen mitfortgeführten Behälter gelangt, weder *nothwendig*, noch *vortheilhaft*. Sie sind nicht *nothwendig*, weil die Behälter auf dem Luftwagen keine undichten Klappen haben, durch welche die Luft während der Mufse des Wagens entweichen könnte, vielmehr durch die Hähne vollkommen luftdicht verschlossen werden können, auch aufserdem nichts hindert, entweder die Luftwagen mit ihren Behältern nach der Luftpumpe hinzubringen, um sie dort vollpumpen zu lassen, oder aber, wenn örtliche Umstände dies erschweren sollten, ihnen die zusammengepreſste Luft von der Luftpumpe her durch eine Röhre zuführen zu lassen. *Unvortheilhaft* aber würden sie sein, weil in den besondern Behältern die Luft jedenfalls erst *stärker* zusammengepreſst werden müſste, als es für die transportabeln Behälter *nothwendig* ist. Die Vortheilhaftigkeit, ja beinahe Nothwendigkeit besonderer Behälter für alle Eisenbahnsysteme *mit Lufttriebröhren*, welche undichte Längsklappen haben müssen, findet hier nicht Statt, sondern besondere Behälter würden hier nur unnütze Anlagekosten und unnützen Kraft-Aufwand verursachen. Die Luftpumpen haben also hier die Luft *unmittelbar* in die auf dem Luftwagen befindlichen transportabeln Behälter zu treiben.

B. Sodann findet hier, wie schon vorhin bemerkt, *kein* Verlust an zusammengepreſster Luft durch *Undichtigkeit* der Behälter Statt. Sie brauchen also nur gerade so viel Luft zu enthalten, als zur bewegenden Kraft nöthig ist; unter der Bedingung, dafs die Luft an allen Stellen der Bahn, und also auch noch am Ende der Fahrt, die nöthige Spannung besitze. Die am Ende der Fahrt übrig bleibende Spannung geht aber *nicht verloren*; sondern darf nur durch die Luftpumpe für eine neue Fahrt wieder bis zu der stärksten nöthigen Spannung erhöht werden.

Dafs die stärksten Abhänge gerade noch am Ende der Fahrt zu *ersteigen* seien, läſst sich offenbar durch die Anordnung des Werks *immer* vermeiden. Man darf nur die Stationen niemals auf die *höchsten* Puncte

der Bahn legen, sondern in die *niedrigsten* Puncte und unfern des *Fufses* des stärksten Abhanges. Es wird also wohl *immer* ganz hinreichend sein, wenn man annimmt, dafs die transportabeln Behälter am Ende der Fahrt noch die für die Fahrt auf *horizontaler* Bahn nöthige Luftkraft enthalten sollen. Es ist aber sogar nicht einmal nöthig, dafs diese Spannung noch am Ende der Fahrt in *allen* den einzelnen Cylindern, welche zusammen den transportabeln Behälter ausmachen, enthalten sei; sondern es ist hinreichend, wenn nur noch *einige* der Cylinder sie enthalten: denn auf den *fallenden* Stellen können die andern Cylinder weiter, und selbst bis auf den Überschufs Null der Spannung über die der Atmosphäre, ausgeschöpft werden, sollte auch gerade kein *Einpumpen* von Luft auf stärker fallenden Stellen vorkommen. Da indessen das System mit transportabeln Behältern, wie sich zeigen wird, von allen das beste ist, so wollen wir, um dies um so stärker zu beweisen, für dasselbe die *ungünstige* Bedingung setzen, dafs der *ganze* Behälterraum am *Ende* der Fahrt noch so viel Luftspannung haben solle, als zur Fahrt auf *horizontaler* Bahn nothwendig ist.

C. Da es ferner einerseits offenbar gut sein wird, dafs ein Luftwagen mit seiner Kraft auf eine *so lange* Bahnstrecke als nur möglich vorhalte, um nicht wechseln und Luftpumpen auf den Stationen bauen zu dürfen, andrerseits aber auch gewünscht werden mufs, dafs die Behälter auf dem Luftwagen so wenig als möglich *Raum* einnehmen, so beschränken wir die *stärkste* Spannung der Luft nicht auf diejenige, welche zum Ersteigen der *stärksten Abhänge* nöthig ist, sondern gehen damit so weit, als es sonst vortheilhaft und ohne Gefahr des *Zerspringens* der Behälter rathsam sein dürfte.

Man macht ohne Bedenken *Dampfkessel* bis für *8 Atmosphären* wirksamer Spannung. Also wird es gewifs nicht zu viel sein, wenn wir 16 Atmosphären für das *Maximum* der den *Luftbehältern* aus gewalztem Eisenblech zu gebenden Spannung annehmen. Denn die Spannung des Dampfs kann durch mehrere Umstände unvorhergesehen noch *zunehmen*, z. B. wenn des Wassers in dem Dampfkessel zu wenig ist, wenn das Sicherheitsventil versagt u. s. w.; auch zerstört der Dampf allmälig mehr oder weniger die Behälter, in welchen er eingeschlossen ist. Alles dieses ist bei Luftbehältern *nicht* der Fall. Die Spannung der Luft kann *nie* über das ihr bestimmte Maafs, welches sich mit voller Sicherheit durch Manometer messen läfst, steigen, sondern nimmt umgekehrt *während* der Fahrt *immer* und unbedingt *nur* ab. Sicherheitsventile sind daher hier auch, wenigstens *während* der Fahrt, völlig unnöthig, und

eine zerstörende Kraft, aufser der der Spannung, übt die zusammengepreſste Luft auf die Behälter nicht aus. Desgleichen findet die Gefahr des Zerspringens, wenn sie ja nicht ganz entfernt worden sein sollte, nur mehr *vor* als *während* der Fahrt, wo die Spannung fortwährend *abnimmt*, Statt. Bei Dampfwagen ist es eher umgekehrt. Die Gefahr läſst sich indessen ohne Zweifel entfernen, wenn man den Wänden der Luftbehälter, eben wie denen der Dampfkessel, das *Dreifache* der ihnen eigentlich nöthigen Widerstandskraft giebt. Auch sind die einzelnen Behälter stets von *allen* Seiten *sichtbar*, anders wie die Dampfkessel, und endlich, wenn ja im unglücklichen Fall eine Zersprengung erfolgen sollte, wird sie weniger gefährlich sein, als die eines Dampfkessels; denn es giebt hier kein siedendes Wasser und kein Feuer; auch wird nicht, wie beim Dampf, der *ganze* Behälter, sondern gewiſs immer nur *ein einzelner* Cylinder bersten, und wenn es nicht gerade einer ist, der *aufserhalb* liegt, und der Cylinder nicht bloſs *birst*, sondern, was wenig wahrscheinlich, Stücke aus seinen Wänden ausgerissen und fortgeschleudert werden, so wird die Gefahr noch durch die um ihn herumliegenden Cylinder gemäſsigt oder abgewendet werden.

Nach diesen Vorausbemerkungen ist also zu rechnen.

66.

A. Der Inhalt der Behälter, welche der Luftwagen mit sich fortführt, werde durch b bezeichnet, die am *Ende* der Fahrt noch nöthige Spannung der Luft in den Behältern, wie in §. 62. durch $1+\mu_z$, die Spannung am *Anfange* der Fahrt, also die *stärkste* Spannung der Luft, die hier nicht nach der zur Ersteigung des *stärksten* Abhanges β_μ der Bahn nöthigen Spannung $1+\mu_m$ sich richten, sondern darüber hinausgehen soll, durch $1+\mu_s$, so daſs also während der Fahrt $(1+\mu_s-(1+\mu_z))b=(\mu_s-\mu_z)b$ Cub. F. atmosphärische Luft zum Ausschöpfen vorhanden sind. Alsdann muſs diese Luftmasse dem *Bedarf* S an Luft zu der Fahrt *gleich*, also

$$551. \quad b(\mu_s-\mu_z) = S$$

sein, woraus

$$552. \quad b = \frac{S}{\mu_s-\mu_z}$$

für die nöthige *Gröſse der Behälter* folgt, wenn μ_s im Voraus bestimmt ist, und

$$553. \quad \mu_s = \frac{S}{b}+\mu_z$$

für die nöthige *stärkste Spannung*, wenn man die *Gröfse* der Behälter im Voraus bestimmt hat; wobei vorausgesetzt wird, dafs mit der Spannung μ_s jedenfalls noch die stärksten Abhänge erstiegen werden können, nachdem sie bis zu der Stelle hin, wo diese stärksten Abhänge sich befinden, durch das Ausschöpfen vermindert worden ist.

B. Da unter dieser Bedingung der Luftbedarf S durchaus nicht von μ_s abhängt, sondern blofs von den Abhängen der Bahn und der fortzuschaffenden Last, so sieht man aus (552. und 553.), dafs sowohl der Behälterraum b für eine vorausbestimmte stärkste Spannung μ_s, als diese für einen gegebenen Behälterraum b um so kleiner ist, je kleiner S sein kann. Und da nun S um so kleiner ist, auf einen je kleineren Theil $k = \frac{k}{1+\mu_1}$ man die Einströmung der zusammengepreſsten Luft in die Cylinder beschränkt, also je gröfser man μ_1 annimmt, so folgt, dafs hier jedenfalls Luftwagen von der *zweiten* Art an ihrer Stelle sind. Auch ist noch S, wie aus dem Ausdruck (440.) zu sehen, um so kleiner, je kleiner Δ und λ, das heifst je kleiner die Cylinder des Luftwagens sind, oder auch, je gröfser der Durchmesser D der Triebräder ist. Was indessen μ_1 betrifft, so darf es nicht so grofs angenommen werden, dafs dadurch etwa die nach der Formel (515.) zur Ersteigung der stärksten Abhänge β_m nöthige Luftspannung gröfser sei, als μ_s sein soll.

C. Die am Ende der Fahrt in den Behältern übrig bleibende Luftspannung $1+\mu_z$ ist für eine neue Fahrt durch die Luftpumpen wieder bis auf die Spannung $1+\mu_s$ zu erhöhen, und dazu sind nach (534.)

$$554. \quad m = \frac{\sigma b(\mu_s^2 - \mu_z^2)}{2t\varphi}$$

Pferdekräfte an den Luftpumpen nöthig. In diesen Ausdruck den von b (552.) gesetzt, giebt

$$555. \quad m = \frac{\sigma(\mu_s^2 - \mu_z^2)}{2t\varphi} \cdot \frac{S}{\mu_s - \mu_z} = \frac{S\sigma(\mu_s + \mu_z)}{2t\varphi}.$$

Die Luftpumpen können hier *ununterbrochen* Tag und Nacht arbeiten. Werden etwa, in Ausnahmefällen, Luftwagen schneller hinter einander gebraucht, als es für den regelmäfsigen Dienst im Voraus bestimmt war, so haben sie dazu während der Nacht Vorrath geschafft. Gesetzt also, es sollen in 24 Stunden ν Fahrten gemacht werden, so müssen die Luftpumpen im Stande sein, in

$$556. \quad T = 24 \cdot 60 \cdot 60 = 86400 \text{ Secunden}$$

in ν Luftwagen die Spannung von $1+\mu_z$ auf $1+\mu_s$ zu bringen. Sie müssen

also nach (554.)

$$557. \quad m = \frac{\sigma \nu b(\mu_s^2 - \mu_z^2)}{2T\varphi},$$

oder nach (535.)

$$558. \quad m = \frac{\sigma \nu S(\mu_s + \mu_z)}{2T\varphi}$$

Pferdekräfte haben.

D. Nun kann man über die ***Zahl*** der täglichen Fahrten dadurch verfügen, dafs man entweder *viel* Last auf einmal fortschafft und *weniger* Fahrten macht, oder *weniger* Last auf einmal, und dagegen *öfter* fahren läfst.

Aus dem Ausdruck von S (440.), nemlich

$$559. \quad S = \frac{S}{1+\log\text{nat}(1+\mu_1)}\left(\frac{Q}{\sigma}(n+\text{tang}\beta)+\frac{\Delta^2\lambda}{D}\right),$$

für die Strecke L mit dem Abhange β, folgt, wenn überhaupt die Last νQ in 24 Stunden fortzuschaffen ist, also ν Fahrten zu machen sind,

$$560. \quad \nu S = \frac{L}{1+\log\text{nat}(1+\mu_1)}\left(\frac{\nu Q}{\sigma}(n+\text{tang}\beta)+\frac{\nu\Delta^2\lambda}{D}\right).$$

Wenn hingegen dieselbe Last νQ durch ν_1 Fahrten, also $\frac{\nu}{\nu_1}Q$ auf einmal fortgeschafft werden soll und das dazu nöthige S durch S_1 bezeichnet wird, so ist

$$561. \quad \nu_1 S_1 = \frac{\nu_1 L}{1+\log\text{nat}(1+\mu_1)}\left(\frac{\nu}{\nu_1}\frac{Q}{\sigma}(n+\text{tang}\beta)+\frac{\Delta^2\lambda}{D}\right)$$
$$= \frac{L}{1+\log\text{nat}(1+\mu_1)}\left(\frac{\nu Q}{\sigma}(n+\text{tang}\beta)+\frac{\nu_1\Delta^2\lambda}{D}\right).$$

Hier ist zwar $\nu_1 S_1$ für ***dasselbe*** Δ und λ immer gröfser als νS (560.) für $\nu_1 > \nu$, allein da hier weniger Last auf einmal fortzuschaffen, also weniger Zugkraft nöthig ist, so kann man die Maafse Δ_1 und λ_1 der Kolben-Cylinder kleiner annehmen, so dafs $\frac{\nu_1\Delta_1^2\lambda_1}{D}$ in (561.) nicht gröfser als $\frac{\nu\Delta^2\lambda}{D}$ in (560.) und also, wenn man dann auch ein anderes μ_1 annimmt, zuletzt m in (558.) für ν_1 Fahrten nicht gröfser sein wird, als m für ν Fahrten.

E. So werden denn also hier ***mehr*** Fahrten mit ***geringern*** Lasten eben nicht mehr kosten, als ***weniger*** Fahrten mit ***stärkern*** Lasten. Dieses hat aber mehrfachen Nutzen.

Erstlich nemlich sind häufigere Fahrten für den Dienst einer Eisenbahn vortheilhaft; denn was hilft alles eilen, wenn die Personen oder Güter, welche fortgeschafft sein wollen, Stunden und halbe Tage lang warten müssen,

ehe der Wagenzug *abgeht*. Mit Pferden können sie in jedem beliebigen Augenblick die Fahrt antreten.

Zweitens erfordern leichtere Züge und leichtere Zugmaschinen nur schwächere Schienen, und überhaupt einen schwächern Unterbau, und die Eisenbahn läfst sich also *wohlfeiler bauen*.

Drittens hat eine geringere Luftspannung μ_s auch eine geringere *Gefahr*, als eine stärkere.

Ich habe schon an einem andern Orte (im 17ten Bande dieses Journals, S. 172. §. 17.) den Vorzug kleinerer und häufigerer Züge vor gröfsern nachgewiesen. Er findet schon bei Dampfwagen-Eisenbahnen Statt: hier bei den Luftwagen ist er noch entschiedener. Zwar wird allerdings auf schon frequenten Bahnen für schnell auf einander folgende Züge ein einzelnes Schienenpaar schwer ausreichen, aber durch hinreichende und gehörig angebrachte Ausweichestellen und durch einen pünctlichen Dienst wird meistens noch das zweite Schienenpaar erspart werden können. Ist dasselbe aber auch nicht zu vermeiden, so werden wieder zwei *leichtere* Schienenpaare nicht eben viel mehr kosten als ein *schweres;* besonders hier bei den Luftwagen, wo man durchaus nicht zu sehr schwachen Gefällen gezwungen ist und also die mehrere *Breite* des Dammes nicht mehr die ungeheuren Mehrkosten verursacht, wie bei den Dampfwagen-Eisenbahnen. Wir werden dies an einem Beispiel weiter unten näher sehen.

F. Bei der *Gröfse b* der transportabeln Behälter, die entweder vorausbestimmt werden kann, oder die durch die voraus angenommene stärkste Luftspannung μ_s nach (552.) bestimmt wird, kommt es auf Zweierlei an, nemlich: ob die zu dem Behälter bestimmten Cylinder sich noch gut aufladen lassen, und ob der Luftwagen durch diese Ladung entweder nicht schwer genug, oder nicht zu schwer wird.

Ist, wie in (§. 21.), der Durchmesser eines an den Enden halbkugelförmig verschlossenen Cylinders $= \delta$, seine Länge, mit Einschlufs der beiden Halbkugeln an den Enden, $= l$, so ist nach (50.) der *Inhalt* eines Cylinders, der durch b_1 bezeichnet werden mag,

$$562. \quad b_1 = \tfrac{1}{12}\pi\delta^2(3l-\delta)$$

und die Fläche desselben, die f_1 sein mag,

$$563. \quad f_1 = \pi\delta l.$$

Die Anzahl der nöthigen Luftcylinder ist also

$$564. \quad \frac{b}{b_1} = \frac{b}{1\frac{1}{2}\pi\delta^2(3l-\delta)}.$$

Die in den Cylindern eingeschlossene Luft von der Spannung $1+\mu_1$ bringt auf die Einheit der Länge den Druck $\sigma\mu_1\delta$ hervor, von welchem dem ***Dreifachen*** die Festigkeit oder Cohäsion der Wände des Cylinders Widerstand leisten mufs. Die Dicke der Wände des Cylinders sei $= d$, die Cohäsion des Eisens auf die Quadrat-Einheit $= e$, so ist der Widerstand der beiden Wände, auf die Einheit der Länge, $= 2de$. Derselbe mufs dem Druck $3\sigma\mu_1\delta$ gleich sein. Also mufs

$$565. \quad 2de = 3\sigma\mu_1\delta$$

sein, woraus für die nöthige Dicke der Cylinderwände

$$566. \quad d = \frac{3\sigma\mu_1\delta}{2e}$$

folgt. Die Masse des zu einem Cylinder nöthigen Eisens beträgt also, da seine ***Fläche*** $= \pi\delta l$ ist (563.),

$$567. \quad \pi d\delta l = \frac{3\pi\sigma\mu_1\delta^2 l}{2e},$$

und wenn die Cubik-Einheit des Eisens w Pfunde wiegt, so beträgt das ***Gewicht eines*** Cylinders

$$568. \quad \pi d\delta l w = \frac{3\pi\sigma\mu_1\delta^2 l w}{2e}$$

und folglich das Gewicht G der nöthigen $\frac{b}{b_1}$ Cylinder nach (567.)

$$569. \quad G = \pi d\delta l w \frac{b}{b_1} = \frac{3\pi\sigma\mu_1\delta^2 l w}{2e} \cdot \frac{b}{1\frac{1}{2}\pi\delta^2(3l-\delta)} = \frac{18\sigma\mu_1 b l w}{e(3l-\delta)}.$$

G. Zu diesem Gewicht kommt dann noch das Gewicht der Maschine selbst und dasjenige der Nebenbehälter hinzu, die nach (§. 14.) für die etwa während der Fahrt auf starken Abhängen einzupumpende Luft, so wie als Vermittler zwischen den Behältern selbst und den Kolbencylindern, nöthig sind, um darin der Luft, statt sie unmittelbar in die Kolbencylinder strömen zu lassen, erst diejenige Spannung zu geben, die gerade jeden Augenblick nöthig ist; desgleichen auch das Gewicht A der zusammengepreſsten Luft selbst. Diese letztere ist, das Gewicht eines Cubikfufses atmosphärischer Luft $= a$ gesetzt,

$$570. \quad A = b \cdot \mu_1 a.$$

H. Es ist hier zu bemerken, dafs es keineswegs nothwendig sein wird, die nöthigen Cylinder alle auf den Luftwagen selbst zu laden, sondern

dafs man nur gerade so viel davon auf ihn bringen darf, als nöthig ist, um ihn *schwer genug* zu machen, damit die Triebräder für die Zugkraft hinreichend auf die Schienen eingreifen. Die übrigen nöthigen Luftcylinder kann man recht gut auf einem, und selbst auf mehreren Wagen dem Luftwagen nachfahren lassen, gleich wie die Kohlen und das Wasser in einem Tender dem Dampfwagen. Die Luft aus den Cylindern auf den nachfahrenden Wagen kann durch *biegsame* Röhren dem Luftwagen zugeführt werden. Der Luftwagen darf, strenge genommen, nur das Gewicht der Maschine selbst haben, welche höchstens 100 Ctr., also nicht mehr als dasjenige eines gewöhnlichen beladenen Personen- oder Güterwagens sein wird; so dafs also hier, selbst dann noch, wenn man sehr schwere Züge fortschaffen will, die Schienen der Bahn *schwächer* sein können, als bei Dampfwagen-Eisenbahnen. Ein Dampfwagen mufs *immer* 200 bis 300 Ctr. und darüber schwer sein, selbst wenn bei weitem nicht so viel Gewicht nöthig ist, um das für die Zugkraft nöthige Eingreifen der Triebräder auf die Schienen hervorzubringen. Hier richtet sich das Gewicht des Luftwagens fast nur nach der nöthigen *Zugkraft*.

Wir gehen nun zu einem Beispiel über, und nehmen wieder dasjenige der Eisenbahn zwischen Berlin und Potsdam.

XX. *Beispiel zu dem System No. V. §. 4., nebst der Schätzung der Anlage- und der Betriebs- und Erhaltungskosten.*

67.

A. Wir nehmen zuerst an, es sollen $Q = 1800$ Ctr. auf einmal fortgeschafft werden (mit Einschlufs des Gewichts des Luftwagens), und die Kolben-Cylinder sollen $\Delta = 12$ Zoll im Durchmesser und $\lambda = 16$ Zoll lang sein. Die Luft soll in dieselben nur auf 4 Zoll Länge einströmen, so dafs in $k = \frac{\lambda}{1+\mu_1}$, $\mu_1 = 3$ ist. Die Triebräder sollen $D = 5$ F. im Durchmesser haben.

a. Alsdann ist der Luftbedarf zu einer Fahrt, nach (546.),

$$571. \quad S = 23992 \text{ C. F.};$$

desgleichen ist die am Ende der Fahrt noch nöthige Luftspannung nach (543.)

$$572. \quad \mu_x = 3{,}191.$$

Dieses giebt nach (552.)

573.

Für $\mu_x =$	16	15	14	13	12	11	10	9	8 Atm.
Die Gröfse der Behälter $b =$	1873	2032	2220	2446	2724	3072	3523	4130	4989 C. F.

b. Setzt man für die einzelnen Luft-Cylinder b_1 den Durchmesser $\delta = 2$ F., die Länge $l = 20$ F., so enthält ein Cylinder nach (562.)

574. $b_1 = \frac{1}{12} \cdot 3\frac{1}{7} \cdot 4(60-2) = 60{,}76$ C. F.

und es sind nach (573.) nöthig

575.

Für $\mu_s =$	16	15	14	13	12	11	10	9	8	Atm. Spannung.
$\frac{b}{b_1} =$	31	34	37	41	45	51	58	68	83	Cylinder.

c. Die den Wänden der Cylinder nöthige Dicke d ist, die Cohäsion e des Eisens auf 1 Q. Z. Fläche, wie in §. 21., gleich 70 000 Pfd. gesetzt, nach (566.)

576.

Für $\mu_s =$	16	15	14	13	12	11	10	9	8	Atm.
$d =$	1,358	1,273	1,188	1,103	1,018	0,933	0,849	0,764	0,679	Linien.

d. Das Gewicht G der nöthigen Cylinder beträgt nach (569.)

577.

Für $\mu_s =$	16	15	14	13	12	11	10	9	8	Atm.
$G =$	179	182	186	190	196	202	211	222	239	Ctr.

e. Die Masse $b \cdot \mu_s$ der in den Behältern eingeschlossenen atmosphärischen Luft und ihr Gewicht A ist nach (573. und 570.), das Gewicht a eines Cub. Fufses atmosphärischer Luft $= \frac{1}{12}$ Pfund gesetzt,

578.

Für $\mu_s =$	16	15	14	13	12	11	10	9	8	Atm.
$b\mu_s =$	29968	30480	31080	31798	32688	33792	35230	37170	39912.	
$A =$	23	23	24	24	25	26	27	28	30	Ctr.

f. Rechnet man für das Gewicht der Räder und Achsen des Luftwagens, so wie der Maschine auf dem Wagen und des übrigen Zubehörs desselben, für die geringste Spannung der Luft von 8 Atm., 100 Ctr. und für jede fernere Atmosphäre 4 Ctr. mehr, so ergiebt sich für das gesammte Gewicht E der Zugwerkzeuge aus (577. und 578.)

579.

Für $\mu_s =$	16	15	14	13	12	11	10	9	8	Atm.
$E =$	334	334	334	334	337	340	346	354	369	Ctr.

g. Also in allen den verschiedenen Fällen ist die Zugmaschine nicht schwerer nöthig als ein starker Dampfwagen nebst Tender. Da aber zu der nöthigen Zugkraft hier auf dem steilsten Abhange bei weitem weniger Eingreifen der Triebräder nöthig ist, als von der gesammten Last, so kann man das Gewicht der Zugmaschine füglich auf zwei, und selbst auf drei Wagen vertheilen. Die nöthige Zugkraft

580. $Z = Q(n + \tang\beta)$ (103.)

beträgt nemlich hier, für $Q = 1800$ Ctr. und $\tang\beta = \frac{1}{300}$, nur

581. $Z = 1800(\frac{1}{150} + \frac{1}{300}) = 7{,}2 + 6 = 13{,}2$ Ctr.

Es sind also höchstens nur 100 Ctr. Druck auf die Triebräder nöthig, und daher können die Luftcylinder sehr wohl auf zwei oder drei Wagen *vertheilt* werden. Auf 3 Wagen können auch selbst die 83 Cylinder, die nach (575.) für blofs 8 Atm. Spannung nöthig sind, recht gut *geladen* werden, nemlich auf den Maschinenwagen etwa 13 und auf jeden der beiden andern 35, 5 in die Breite und 7 in die Höhe. Freilich werden dann die nöthigen Zugwerkzeuge, wegen der mehreren Räder, noch etwas schwerer. Sie werden indessen doch nicht leicht zusammen über 400 Ctr. wiegen, so dafs sich annehmen läfst, es werden in den verschiedenen Fällen noch etwa 1400 Ctr. *Nutzlast* fortgeschafft werden.

h. Die Anzahl der Pferdekräfte der an den Luftpumpen *ununterbrochen* arbeitenden Maschinen ist, nach (558. und 556.) berechnet, für $\nu = 12$ Fahrten in 24 Stunden, mit 10 pr. c. Zuschufs,

582.

Für $\mu_s =$	16	15	14	13	12	11	10	9	8 Atm.
$m =$	174	165	156	148	138	129	120	111	101.

i. Rechnet man für das Pfund Eisen zu den Cylindern nach §. 11. 8 Sgr., für die übrigen Theile des Luftwagens, nebst Beiwagen, 6000 Thlr. auf die schwächste Luftspannung, und für jede fernere Atmosphäre 200 Thlr. mehr; für die Pferdekraft der stärksten Dampfmaschinen an den Luftpumpen 240 Thlr., für die schwächern Maschinen je 5 Thlr. für eine Atmosphäre mehr; für die Luftpumpen selbst 100 Thlr. auf jede Pferdekraft, und nimmt an, dafs zu den 12 täglichen Fahrten 15 Luftwagen, jeder mit den nöthigen Cylindern gehalten werden (3 zur Reserve), so ist der Betrag der gesammten Anlagekosten nach (577. und 582.) folgender:

583.

Für $\mu_s =$	16	15	14	13	12	11	10	9	8 Atm.
1. Kosten der Cylinder	78760	80080	81840	83600	86240	88880	92840	97680	105160 Thlr.
2. Übrige Kosten der Zugmaschinen	114000	111000	108000	105000	102000	99000	96000	93000	90000 -
3. Kosten der Dampfmaschinen	41760	40425	39000	37740	35880	34185	32400	30525	28280 -
4. Kosten der Luftpumpen	17400	16500	15600	14800	13800	12900	12000	11110	10400 -
Zusammen	251920	248005	244440	241140	237920	234965	233240	232315	233840 Thlr.

k. Für die Feurung der Dampfmaschinen kann man bei den stärksten Maschinen jährlich 180 Thlr., für die schwächsten 240 Thlr. auf die Pferdekraft rechnen. Dies giebt nach (582.)

584.

Für $\mu_s =$	16	15	14	13	12	11	10	9	8 Atm.
An Feuerungskosten	31320	30927	30420	29970	28980	28057	27000	25808	24248 Thlr.

Diese Feuerungskosten für die Spannung von 8 Atm. sind ungefähr dieselben, welche auch die *Dampfwagen* auf der Potsdamer Eisenbahn mit Cokes erfordern würden. Die Anlagekosten der Luftwagen mit Zubehör, von 23 3840 Thlr. (583.), sind freilich etwas höher als die für 15 Dampfwagen mit Tendern, welche nur etwa 210 000 Thlr. betragen. Dafür aber werden auch die Luftwagen länger vorhalten und weniger Ausbesserungskosten erfordern.

l. Man rechnet 8 pr. c. jährlich der Anlagekosten von *stehenden* Dampfmaschinen zu ihrer Erhaltung und endlichen Erneuerung: für Dampfwagen wird man wenigstens 10 pr. c. ansetzen müssen. Für die Erhaltungskosten der Zugmaschinen und der Luftpumpen wollen wir 6 pr. c. annehmen. Die Luft-Cylinder werden *sehr* lange vorhalten und können vielleicht nicht 1 pr. c. der Anlagekosten zur Erhaltung erfordern.

Nach diesen Sätzen gerechnet, ergeben sich in (583.) folgende *Erhaltungskosten.*

585.

Für $\mu_s =$	16	15	14	13	12	11	10	9	8 Atm.
1. Für die Cylinder. . .	788	801	818	836	862	889	928	977	1052 Thlr.
2. Für die Zugmaschinen	6840	6660	6480	6300	6120	5940	5760	5580	5400 -
3. Für die Dampfmaschinen	3341	3234	3120	3019	2870	2735	2592	2442	2262 -
4. Für die Luftpumpen .	1044	990	936	888	828	774	720	667	606 -
Zus. an Erhaltungskosten	12013	11685	11354	11343	10680	10358	10000	9686	9320 Thlr.

Die Erhaltungskosten der 15 Dampfwagen würden, zu 10 pr. c. gerechnet, 21000 Thlr. jährlich und in *jedem* Fall *mehr* als die der Luftzugwerkzeuge betragen.

m. Da übrigens die Anlagekosten, so wie die Feurungskosten, für 8 Atmosphären Spannung *geringer* sind, als für höhere Spannungen, so wird die geringste Spannung die bessere sein, wenn gleich dann etwas weniger Nutzlast fortgeschafft wird; schon wegen der geringern Gefahr des Zerspringens der Luftbehälter. Diese Gefahr ist übrigens bei der Spannung von *nur 8 Atm.* erfahrungsmäfsig gewifs gar nicht mehr vorhanden, da man, wie weiter oben bemerkt, ohne Bedenken selbst *Dampfkessel* für 8 Atmosphären Spannung macht.

n. Es würden also für die Potsdamer Bahn zwei Dampfmaschinen für die Luftpumpen nach (582.), jede von 51 Pferdekräften nöthig sein, welche ununterbrochen Tag und Nacht arbeiten, eine bei Berlin, die andere bei Potsdam, und diese würden hinreichend sein, um 12 Fahrten täglich, jede mit etwa 1400 Ctr. Nutzlast zu machen, also etwa jede Fahrt mit 14 bis 16 Personen- oder Güterwagen.

o. Bei Potsdam befindet sich eine starke *Wasserkraft*, welche jetzt Mühlen treibt. Ich habe sie zwar nicht gemessen, aber es ist sehr wahr-

scheinlich, dafs sie mehr als 101 Pferdekräfte stark sein wird. Auch finden sich an dieser Bahn Gelegenheiten genug, auch die Kraft des *Windes* als Hülfsmittel zu benutzen. Es würde also hier schon *wahrscheinlich* ganz möglich sein, die nöthige Kraft auch *ohne* Dampfmaschinen und also *ganz ohne Feuer* zu gewinnen; und die *Kosten* der Kraft des Wassers, vielleicht noch mit Hülfe des Windes, würden gewifs geringer sein, als die 24240 Thlr. Kosten der Feurung der Dampfmaschinen.

B. Wir wollen ferner sehen, wie es sich verhält, wenn nach (§. 66. *E.*) *kleinere* Wagenzüge gemacht werden; was aus den daselbst angegebenen Gründen an sich vortheilhaft ist. Wir nehmen statt 1800 Ctr. schwerer Wagenzüge nur 900 Ctr. schwere Züge an, durch welche auch etwa die Hälfte der *Nutzlast* transportirt werden wird. Da sich aber schon gezeigt hat, dafs eine geringere Luftspannung die bessere ist, so berechnen wir alles Nöthige sogleich *nur für 8 Atmosphären* Spannung. Den Kolben-Cylindern der Zugmaschinen geben wir hier die Gröfse $\Delta = \frac{3}{4}$ F., $\lambda = 1$ F., und D sei $= 5$ F. Und μ_1 soll, der kürzern Cylinder wegen, hier nur $= 2$ gesetzt werden, so dafs die Luft hier ebenfalls auf $\frac{12}{3} = 4$ Zoll Länge der Cylinder abgeschnitten wird. Dann ergiebt sich der Reihe nach für $\mu_s = 8$ Folgendes:

586.

1. Der Luftbedarf für *eine* Fahrt nach (538.) ist. $S = 12826$ C. F.
2. Die Luftspannung am Ende der Fahrt, nach (§. 64. *B.*), ... $\mu_z = 2{,}973.$
3. Die Gröfse der Behälter, nach (552.), . . . $b = 2551$ C. F.
4. Die Zahl der Luft-Cylinder nach (577.) . . $\frac{b}{b_1} = 42.$
5. Die Dicke der Wände der Luft-Cylinder, nach (569.), ... $d = 0{,}679$ Lin.
6. Das Gewicht der Luft-Cylinder, nach (572.), $G = 120$ Ctr.
7. Das Gewicht der Luft in den Cylindern, nach (576. und 573.), ... $A = 16$ Ctr.
8. Das gesammte Gewicht der Zugmaschine, nach (*A. f.*), ... $E = 236$ Ctr.
9. Die nöthige Zugkraft, nach (583.), ... $Z = 6{,}6$ Ctr.
10. Die Zahl der nöthigen Pferdekräfte, mit 10 pr. c. Zulage (555.), ... $m = 107.$

586.

11.	Die Kosten der Cylinder für 24 Fahrten, mit ¼ zur Reserve Zulage, sind nach (*A. k.*)	105 600 Thlr.
	Die Kosten der Zugmaschinen desgleichen, hier zu 4500 Thlr. gerechnet, ...	135 000 -
	Die Kosten der Dampfmaschinen desgleichen . .	29 960 -
	Die Kosten der Luftpumpen desgleichen	10 700 -
	Zusammen an Anlagekosten	281 660 Thlr.
12.	An Erhaltungskosten, nach (*A. l.*), für die Cylinder .	1056 Thlr.
	für die Zugmaschinen . . .	8100 -
	für die Dampfmaschinen . .	2397 -
	für die Luftpumpen	642 -
	Zusammen	12 195 Thlr.

Die Anlage- und Erhaltungskosten sind zwar hier etwas höher, als für die halbe Zahl der Fahrten, aber dagegen gewinnt man die Vortheile (§. 66. *E.*).

C. Es ist hier auf die *sehr lange* Station von 3½ Meilen gerechnet. Zwischen Berlin und Potsdam ist es allerdings nicht *unumgänglich* nothwendig, anzuhalten, wiewohl es zuweilen häufig geschieht. Aber der Fall, dafs auf eine *so lange* Strecke kein Anhaltepunct *nothwendig* wäre, ist *selten*, und fast eine *Ausnahme*. Es wird ziemlich als *Regel* anzunehmen sein, dafs man schon auf die *halbe Länge* anzuhalten habe. Auch ist der zum Vorspannen anderer Zugmaschinen nöthige Aufenthalt so geringe, dafs der Wechsel, selbst da wo er nicht unbedingt nothwendig ist, noch keinen erheblichen Übelstand macht. Der Wechsel ist aber *hier* bei den Luftwagen *sehr* nützlich, weil dann die Zugmaschinen weniger Luftkraft bedürfen. Man könnte daher für die Eisenbahn zwischen Berlin und Potsdam auch auf *zwei* statt einer Station rechnen, und zwar mit der *vollen* Last. Zwar ist alsdann, damit kein Aufenthalt entstehe, die doppelte Zahl, wiewohl leichterer Zugmaschinen nöthig, weil eigentlich aus einer Station zwei geworden sind, und der Fall ist in Absicht des Bedarfs an Kraft und an Kosten so ziemlich derselbe wie der in (*B.*), allein man hat auch, wie dort, den Fall, dafs die Bahn schwächer gebaut und dafs mehr Nutzlast fortgeschafft werden kann.

XXI. Vergleichung der verschiedenen Eisenbahnsysteme in Rücksicht der Kosten der Anlage, der Erhaltung und der bewegenden Kraft, an einem Beispiele.

68.

Wir wollen jetzt für alle fünf Systeme die Eisenbahn zwischen Berlin und Potsdam zum Beispiel annehmen; denn dieses Beispiel wird besonders zur Beantwortung der Frage passend sein, ob die Luftröhrenbahnen auch in den *gewöhnlichen* Fällen, wo *keine* besondern Terrainschwierigkeiten vorkommen, vortheilhaft sein dürften, oder nicht.

Da für die Potsdamer Eisenbahn die Kosten des Systems No. V. in §. 67. schon vollständig berechnet und dort 1800 Ctr. ***Bruttolast*** für jede der 12 täglichen Fahrten vorausgesetzt sind, so nehmen wir jetzt *dieselbe* ***Nutzlast*** von $1800 - 369 = 1431$ Ctr., welche dort zufolge (579.) für den als den vortheilhaftesten erkannten Fall von 8 Atmosphären Spannung der Luft Statt findet, auch für die andern Systeme an.

Für die drei ersten Systeme ohne Luftwagen rechnen wir sogleich auf besondere ***Luftbehälter,*** weil deren Nutzen und Vortheilhaftigkeit weiter oben zur Genüge nachgewiesen ist.

Für die sämmtlichen vier ersten Systeme, mit Lufttriebröhren zwischen den Schienen, ist es, besonders wenn Behälter vorhanden sind, in Absicht der Kraft ungefähr gleich, ob man die Maschinen blofs auf die beiden Enden der Bahn vertheilt und der Lufttriebröhre die ganze Länge von $3\frac{1}{2}$ Meilen giebt, oder ob man drei oder vier einzelne Röhrenstücke macht und die Maschinen auf 4 oder 5 Stellen vertheilt; welches letztere nach den bisherigen Erfahrungen und Meinungen wahrscheinlich geschehen würde, obgleich die ***Übergänge*** von einem Röhrenstück in das andere nicht geringe Schwierigkeiten und Gefahren haben, auch die Vertheilung der Maschinen auf mehrere Puncte mehr Kosten macht.

a. Erstes System, mit verdünnter Luft in der Triebröhre, oder das eigentlich sogenannte atmosphärische System.

69.

A. Um 1431 Ctr. Last hier den stärksten vorkommenden Abhang von 1 auf 300 hinaufzutreiben, sind

587. $Z = Q(n + \text{tang}\beta)$ (103.) $= 1431(\frac{1}{180} + \frac{1}{300}) = 10{,}494$ Ctr. Zugkraft

nöthig. Setzt man $1\frac{1}{2}$ pr. c. für die Reibung des Luftkolbens in der Röhre und für den Widerstand der Längsklappe hinzu, so ergiebt sich für die Kraft, welche der Luftkolben haben mufs und die durch K bezeichnet werden mag,

588. $K = 10{,}651$ Ctr.

B. Nun werde die Luft in der Triebröhre bis auf $\mu = \frac{1}{3}$ Atmosphäre Spannung verdünnt, wie man es gewöhnlich am vortheilhaftesten hält, so ist der Druck auf den Kolben $= \mu\sigma\frac{1}{4}\pi\delta^2$, also mufs

589. $K = \frac{1}{4}\sigma\pi\delta^2\mu$

sein, woraus

590. $\delta = \sqrt{\frac{4K}{\mu\pi\sigma}} = \sqrt{\left(\frac{8\cdot 10{,}651}{3\frac{1}{3}\cdot 18}\right)}$ (15.) $= 1{,}227$ F. $= 14{,}725$ Zoll

für den Durchmesser der Röhre folgt.

Der Raum p (§. 20.) der $L = 84000$ F. langen Röhre beträgt also

591. $p = L\cdot\frac{1}{4}\pi\delta^2 = 99\,409$ C. F.

C. Rechnet man für den Verlust durch die Längsklappe während der Fahrt noch 5 pr. c., so sind, in runder Zahl, für eine Fahrt 104 500 C. F. Luft auszuschöpfen.

Will man, wie in (§. 20.) angenommen, die Luft in den Behältern bis auf $\frac{1}{3}$ Atm. ausschöpfen, und sollen die Behälter, zur Sicherheit, für *zwei* Fahrten ausreichen, so müssen sie nach (§. 20.)

592. $b = 6\cdot 104500 = 627000$ C. F.

Raum enthalten. Ein Behälter aus Mauerwerk von 80 000 C. F. Inhalt kostet, wie in (§. 20.) berechnet, 8000 Thlr., also wird man, verhältnifsmäfsig, hier für die Kosten der Behälter 62 700 Thlr. anzusetzen haben.

D. Sollen die 12 täglichen Fahrten auf der Eisenbahn nur am Tage und während 12 Stunden geschehen, so mufs, zufolge (§. 22. *E.*), der halbe Behälterraum in 1 Stunde ausgeschöpft werden können, also, wenn die Luftpumpen, wie in (§. 22.), 20 Schläge in der Minute machen sollen, durch $20\cdot 60 = 1200$ Kolbenschläge. Dieses giebt, nach der Formel (62.), wo K die Gröfse der Luftpumpenkolben bezeichnet,

593. $\log(\frac{1}{2}b - k) = \log 313500 + \frac{\log\frac{1}{2} - \log\frac{1}{3}}{1200} = \log 313213;$

also ist die nöthige Gröfse der Luftpumpenkolben

594. $K = 313500 - 313213 = 287$ C. F.

E. Dieses giebt ferner nach (52.) ein Kraftmoment der Luftpumpen von

595. $M_1 = 18\cdot 110(287\cdot 1200 - 313500(\frac{5}{6} - \frac{1}{2})) = 475002000,$

und dazu sind nach (68.), weil τ hier $= 1$ Stunde $= 60 \cdot 60 = 3600$ Sec. ist,

$$596. \quad m_1 = \frac{M_1}{\varphi \tau} = \frac{475002000}{400 \cdot 3600} = 330 \text{ Pferdekräfte}$$

und mit 10 pr. c. Zulage

$$597. \quad m_1 = 363 \text{ Pferdekräfte}$$

der Dampfmaschinen für die Luftpumpen nöthig.

F. a. Rechnet man auf Maschinen von 30 bis 40 Pferdekräften und für die Pferdekraft 250 Thlr., so werden diese Maschinen 90 750 Thlr. kosten.

b. Die Luftpumpen selbst, wie in (§. 67. *A. h.*), zu 100 Thlr. für die Pferdekraft gerechnet, werden 36 300 Thlr. kosten.

c. Die Feuerungskosten für die Dampfmaschinen, da sie nicht Tag und Nacht, sondern nur 14 bis 15 Stunden täglich geheizt werden, zu 150 Thlr. für die Pferdekraft angeschlagen, werden jährlich 54 450 Thlr. betragen.

G. Die Lufttriebröhre mit Zubehör hat bei Dublin, wo sie 14½ Zoll im Durchmesser wie die gegenwärtige (593.) hat, etwa 160 000 Thlr. auf die Meile gekostet. Sie würde auch in Deutschland nicht viel weniger kosten, indem zwar der Arbeitslohn hier etwas wohlfeiler, dagegen aber das Eisen theurer als in England ist. Wir wollen indessen, da die weiter oben vorgeschlagene Luftklappe vielleicht etwas wohlfeiler sein wird als die Dubliner, nur 150 000 Thlr. ansetzen. Dies macht für 3½ Meilen 525 000 Thlr.

H. Für die Erhaltung der Dampfmaschinen rechnen wir, wie in (§. 67. *l.*), 8 pr. c., für die Erhaltung der Luftpumpen 6 pr. c., für die Erhaltung der gemauerten Behälter 1 pr. c. und für die Erhaltung der Lufttriebröhre und des Kolbens ebenfalls 1 pr. c. der Kosten.

I. a. Die Schienen auf der Potsdamer Bahn, für die schweren Dampfwagen, wiegen 3 Ctr. auf die laufende Ruthe und man kann die Kosten der Schienen, der Schienenstühle, Bolzen, Keile und Querhölzer, so wie das Legen der Bahn, auf etwa 33 Thlr. für die Ruthe anschlagen. Nimmt man nun an, dafs hier, wo keine schweren Zugmaschinen vorhanden sind, der Unterbau, welcher deshalb schwächer sein kann, den *dritten Theil* weniger kostet, so werden auf die 7000 R. Länge 77 000 Thlr. erspart. Die Brücken werden nicht gut schwächer sein können.

b. Als ein Vorzug des atmosphärischen Systems wird auch gerühmt, dafs man bei demselben *mehr dem Terrain folgen dürfe.* Dagegen wird

freilich weiter unten Mehreres einzuwenden sein. Auch würde hier bei der Potsdamer Bahn dadurch nicht eben viel mehr zu ersparen sein, da dieselbe schon ziemlich dem Terrain folgt. Man müfste an einigen Stellen viel stärkere Gefälle gestatten, um einige hohe Dämme und tiefe Einschnitte zu ersparen, in welchem Fall dann aber auch wieder mehr *Zugkraft* und mehr Maschinen nöthig sein würden. Wir wollen indessen eine Ersparung von 50 000 Thlr. an den Kosten der Damm-Arbeit und des Terrains ansetzen.

c. Ferner gehen die Kosten der nöthigen Dampfwagen ab, wofür 210 000 Thlr. anzusetzen sind.

d. Für die Erhaltung und Erneuerung der Dampfwagen rechnen wir jährlich 10 pr. c. und für die Erhaltung und Erneuerung des Unterbaues 6 pr. c. der Kosten.

K. Dieses giebt, zusammengestellt, Folgendes:

Anlagekosten der Luftbehälter, nach (*C.*), ...		62 700 Thlr.
- - - der Dampfmaschinen an denselben, nach (*F. a.*),		90 750 -
- - - der Luftpumpen, nach (*F. b.*), ...		36 300 -
- - - der Lufttriebröhre, nach (*G.*), ...		525 000 -
Zusammen		714 750 Thlr.
Davon gehen ab:		
An Ersparung am Unterbau, nach (*I. a.*),	77 000 Thlr.	
An Ersparung beim Damm und Terrain, nach (*I. b.*), ...	50 000 -	
Für die Dampfwagen, nach (*I. c.*), . .	210 000 -	
Zusammen		337 000 Thlr.
598. Also würde die atmosphärische Bahn gegen die Dampfwagenbahn *mehr* kosten		377 750 Thlr.

Die jährlichen Ausgaben bei der atmosphärischen Bahn sind:

An Feuerungskosten der Dampfmaschinen an den Luftpumpen, nach (*F. c.*), ...	54 450 Thlr.
Für die Erhaltung dieser Dampfmaschinen, 8 pr. c. der Kosten,	7 260 -
- - - - der Luftpumpen, 6 pr. c. der Kosten, .	2 178 -
- - - - der Behälter, 1 pr. c. der Kosten, . .	627 -
- - - - der Lufttriebröhre, 1 pr. c. der Kosten,	5 250 -
Zusammen	69 765 Thlr.

69 765 Thlr.

Davon geht ab:

Für die Heizung der Dampfwagen mit Cokes, angenommen	24 000 Thlr.	
Für die Erhaltung der Dampfwagen, 10 pr. c. der Kosten, ...	21 000 –	
Für die wenigere Erhaltung des Unterbaues, 6 pr. c. der Kosten, ...	4 620 –	
Zusammen		49 620 –

599. Also würde die atmosphärische Eisenbahn jährlich *mehr* kosten 20 145 Thlr.

b. Zweites System, mit zusammengepreſster Luft in einer Triebröhre mit Schlitz und Klappe.

70.

A. Da die Lufttriebröhre wegen der Längsklappe und der Rollen, welche sie auf- und niederdrücken, nicht wohl einen geringeren Durchmesser als den bei dem vorigen System von 14,725 Zoll (593.) haben kann, so ist auch hier der Luft nur eine Spannung von $\mu = \frac{1}{2}$ zu geben, und die Lufttriebröhre hat dieselbe Gröſse wie die vorige (591.).

B. Wir nehmen wie in (§. 21.) Behälter von 6 F. im Durchmesser und 20 F. lang aus gewalztem Eisenblech an, welche, wie dort berechnet, jeder 509 C. F. Raum fassen und 400 Thlr. kosten werden.

Setzt man wieder, dafs die in diesen Behältern zusammengepreſste Luft für *zwei* Fahrten ausreichen soll, und nimmt nach (§. 23. *E.*) $\nu = 2$ als die vortheilhafteste Spannung der Luft in den Behältern an, so ergiebt sich aus (49. und §. 69. *C.*) für die hier nöthige Gröſse der Behälter:

$$600. \quad b = \frac{1+\mu}{\nu-\mu}\varepsilon p = \frac{1+\frac{1}{2}}{2-\frac{1}{2}} \cdot 2 \cdot 104500 = 209000 \text{ C. F.}$$

und es sind also, da jeder Behälter 509 C. F. faſst, $\frac{209000}{509} = 411$ Behälter nöthig, die, zu 400 Thlr. jeder, 164400 Thlr. kosten.

C. Nach (§. 23. *D.* und *E.*) ist hier in dem halben Behälterraum die Luft innerhalb einer Stunde oder $t = 3600$ Secunden von der Spannung $\mu = \frac{1}{2}$ bis auf die Spannung $\nu = 2$ zusammenzupressen und dazu sind nach (82.)

$$601. \quad m_2 = \frac{\sigma(1+\mu)(\nu+\mu)\varepsilon p}{4t\varphi} = \frac{18 \cdot 110 \cdot 1\frac{1}{2} \cdot 2\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 104500}{4 \cdot 3600 \cdot 400} = 270$$

und mit 10 pr. c. Zulage

602. $m_2 = 297$ Pferdekräfte

nöthig.

D. Die Kosten der Triebröhre, so wie alles Übrige, ist dasselbe wie beim vorigen System. Rechnet man also nach den obigen Sätzen, so ergiebt sich Folgendes:

Anlagekosten der Luftbehälter, nach (*B.*), ...	164 400	Thlr.
Anlagekosten der Dampfmaschinen von 297 Pferdekräften, zu 250 Thlr., ...	74 250	-
Anlagekosten der Luftpumpen von 297 Pferdekräften, zu 100 Thlr., ...	29 700	-
Anlagekosten der Lufttriebröhre, nach (§. 69. *G.*), . .	525 000	-
Zusammen	793 350	Thlr.
Davon ab, wie in (§. 69. *K.*), ...	337 000	-
603. Bleibt an mehreren Anlagekosten	456 350	Thlr.

Die jährlichen Ausgaben sind:

An Feuerungskosten der Dampfmaschinen von 297 Pferdekräften, zu 150 Thlr., ...	44 550	Thlr.
Für die Erhaltung der Dampfmaschinen, zu 8 pr. c. der Kosten,	5 940	-
- - - - - Luftpumpen, 6 pr. c. der Kosten, . .	1 782	-
- - - - - Behälter, 1 pr. c. der Kosten, . . .	1 644	-
- - - - - Lufttriebröhre, 1 pr. c. der Kosten, .	5 250	-
Zusammen	59 166	Thlr.
Davon ab, wie in (§. 69. *K.*), ...	49 620	-
604. Bleibt an mehrern jährlichen Ausgaben	9 546	Thlr.

c. Drittes System, mit zusammengepreſster Luft und einer Triebröhre ohne Schlitz und Klappe.

71.

Da nach (§. 27.) die Kraft der zusammengepreſsten Luft mit gleicher Spannung hier ganz dieselbe Wirkung hat, wie auf einen Triebkolben, so ist die nöthige Kraft, nebst den Behältern, ganz dieselbe, wie für das vorige, *zweite* Systeme. Die Triebröhre könnte hier zwar etwas kleiner sein, nemlich, statt des Querschnitts derjenigen in (§. 69.) von 1,183 Q. F., blofs so wie in Fig. 7. 8. und 9. 1 Q. F. Querschnitt haben. Aber da dann mehr Trieb-

kraft nöthig wäre, so wäre diese Verkleinerung der Röhre nicht eben vortheilhaft. Es wird besser sein, sie 2 F. breit und 0,5915 F. = 7,1 Zoll hoch zu machen.

Die Kosten einer solchen Röhre auf die laufende Ruthe dürften etwa folgende sein.

Für 24 F. Längsschwellen über den Schienen, mit Arbeitslohn zu 4 Sgr., ...	3 Thlr. 6 Sgr.
Für 33 Q. F. gehobelten Boden von 2 Zoll dicken eichenen Bohlen, mit Holzschrauben, zu 10 Sgr., ...	11 - — -
Für die lederne Röhre, enthaltend 66 Q. F. starkes Leder, zu 15 Sgr., ...	33 - — -
Für 70 eiserne Schienen auf dem Boden von 32 Zoll lang, 2 Zoll breit, $\frac{1}{4}$ Zoll dick, nebst der Befestigung, zu 1 Thlr. 5 Sgr., ...	81 - 20 -
Thut für die laufende Ruthe	128 Thlr. 26 Sgr.
und für die 7000 R. lange Eisenbahn	902 067 Thlr.
also gegen die Triebröhre für die beiden vorigen Systeme, welche	525 000 -
605. kostete, mehr	377 067 Thlr.

Diese Summe würde also in (603. §. 70. *D.*), und für die Erhaltung der Triebröhre würden in (604.) noch 3771 Thlr. hinzukommen.

d. Viertes System, mit zusammengepreſster Luft in einer Röhre zwischen den Schienen und mit Luftwagen.

72.

A. In (64.) ist die nöthige Triebkraft der Maschinen auf der Potsdamer Bahn zur Fortschaffung von 1800 Ctr. Last berechnet. Da aber jetzt bei der Vergleichung der verschiedenen Systeme nur auf 1431 Ctr. *Nutzlast* gerechnet wird, der Luftwagen hier keine Behälter ladet und auf Das, was bei demselben nicht Nutzlast ist, vielleicht nur 60 bis 70 Ctr. zu rechnen sein dürfte, so mufs man jetzt nur 1500 statt 1800 Ctr. ansetzen. Dieses giebt zufolge (540.) für μ_m den sechsten Theil weniger, also nur $\mu_m = 2{,}3$, folglich in (548.) $S_m = 205\,868$ und statt (549.) $m = 649$ und mit 10 pr. c. Zulage, statt (550.),

606. $m = 714$ Pferdekräfte.

f. Zusammenstellung der Anlagekosten und der Benutzungs- und Erhaltungs-Kosten der fünf verschiedenen Systeme, gegen die einer Dampfwagenbahn verglichen.

74.

A. Es ergiebt sich aus (§. 69. bis 73.) Folgendes.

611.

	Gegen diejenigen einer Dampfwagenbahn betragen	
	die Anlagekosten.	die jährlichen Benutzungs- und Erhaltungskosten.
1. System I., mit verdünnter Luft in einer Triebröhre mit Schlitz; das eigentlich sogenannte atmosphärische System (§. 69.)	+377750 Thlr.	+20145 Thlr.
2. System II., mit zusammengepreſster Luft in einer Triebröhre *mit* Schlitz (§. 70.)	+456350 -	+ 9547 -
3. System III., mit zusammengepreſster Luft in einer Triebröhre *ohne* Schlitz (§. 71.)	+833417 -	+13317 -
4. System IV., mit zusammengepreſster Luft in einer Triebröhre und Luftwagen (§. 72.)	+441480 -	+82080 -
5. System V., mit zusammengepreſster Luft in Behältern auf dem Luftwagen, also *ohne* Triebröhre, ...	— 76160 -	—14440 -

Hieraus würde sich nun ergeben, daſs das System No. V. von allen fünfen bei weitem das *wohlfeilste* ist. Alle vier andern Systeme kosten mehr, und zum Theil *sehr viel mehr* als das Dampfwagensystem, No. V. allein kostet *weniger*.

Ich verkenne es gewiſs nicht, daſs die obigen *Kostenberechnungen* nur wenig sicher sind und daſs die Resultate durch viele örtliche und andere Umstände noch bedeutend modificirt werden können. Da indessen die Abweichungen der berechneten Kosten der vier ersten Systeme von denen der Dampfwagenbahn so *bedeutend* sind und aufserdem überall eher zu Gunsten als zum Nachtheil der Systeme gerechnet worden ist, auch noch Manches, was nicht berücksichtigt wurde, zum Ansatz kommen dürfte, z. B. die Kosten der Maschinengebäude, die Erhaltung derselben, die jährlichen Kosten der Bedienung der Maschinen etc., so glaube ich, geht wenigstens so viel aus den Resultaten hervor, daſs keines der vier ersten Systeme mit Triebröhren *wohlfeiler* sein werde,

als das Dampfwagensystem. Das fünfte System dürfte dagegen wenigstens *nicht theurer* zu stehen kommen.

B. Das Einzige, was noch Zweifel gegen die *Wohlfeilheit* des fünften Systems erregen könnte, wäre der Umstand, dafs Luftwagen von der *zweiten* Art, mit Absperrung, auf welche wir hier oben gerechnet haben, noch etwas so Neues sind, dafs ihre Ausführbarkeit, oder doch ihre grofse Vortheilhaftigkeit, in der Praxis noch bezweifelt werden möchte, und dafs man also einstweilen nur auf Luftwagen von der *ersten* Art, *ohne Absperrung,* rechnen wolle, gegen deren Möglichkeit und Anwendbarkeit dann freilich weiter kein Bedenken Statt finden würde.

Um zu sehen, was sich in solchem Falle ergebe, wollen wir auch noch in Kürze für das Beispiel der Potsdamer Eisenbahn auf Luftwagen *erster* Art rechnen.

a. Da es zunächst darauf ankommt, dafs man so wenig als möglich zusammengepreſste Luft *fortzuschaffen* habe, also dafs der Luftbedarf S so klein als möglich sei, nehmen wir hier für die Zugmaschinen *kleine* Kolbencylinder von $\Delta = \frac{3}{4}$ F. Durchmesser und $\lambda = 1$ F. Länge an. Und da es ferner darauf ankommt, dafs zum Zusammenpressen der Luft so wenig Pferdekräfte als möglich nöthig sein mögen, so bleiben wir bei der Spannung von 8 Atm. stehen, die auch sonst wegen der etwaigen Gefahr des Zerspringens der Luft-Cylinder besser ist als eine *stärkere* Spannung. Da aber jedenfalls *mehr* Luft-Cylinder nöthig sind, als für Luftwagen von der zweiten Art, und also die Zugmaschinen *schwerer* werden, so mufs man, damit noch *dieselbe* Nutzlast von 1431 Ctr., die in (§. 69. *A.*) für die fünf Systeme angenommen ist, fortgeschafft werde, wie es die Rechnung angiebt, für die *Gesammtlast* Q statt 1800 Ctr. etwa 2000 Ctr. ansetzen.

b. Hiernach gerechnet, ergiebt sich zuerst für den Luftbedarf S, statt der 43952 C. F. in (222.), hier, für $P = 2000$ Ctr.,

$$612. \quad S = 48000 \text{ C. F.}$$

c. Die Spannung μ_z der Luft, welche am Ende der Fahrt für horizontale Strecken in den Behältern zurückbleiben mufs, wäre hier nach (541.)

$$613. \quad \mu_z = \frac{QD_n}{\Delta^2 \lambda \sigma} = \frac{2000 \cdot 110 \cdot 5 \cdot 16}{250 \cdot 9 \cdot 1 \cdot 18 \cdot 110} = 3{,}95 \text{ Atm.}$$

Allein es ist zu berücksichtigen, dafs die zum Beispiel genommene Bahn auf etwa ihre halbe Länge *so stark fällt,* dafs auf den fallenden Stellen nur die

Spannung $\frac{1}{2}\mu_z$ nöthig ist, und dafs also die ***Hälfte*** der Behälter bis auf $\frac{1}{2}\mu_z$ ausgeschöpft werden kann, mithin für den ganzen Behälterraum nur $\frac{3}{4}$ von 3,950 Atm. und folglich für μ_z nur

$$614. \quad \mu_z = 2{,}96 \text{ Atm.}$$

anzusetzen ist. Dieser Umstand kommt auch eigentlich noch dem Falle für Luftwagen *zweiter* Art zu gut und stellt die Resultate (611.) für dieselben noch *bedeutend günstiger*.

d. Es findet sich weiter, für $\mu_z = 2{,}96$ und $\mu_s = 8$, aus (552.) für den nöthigen Behälterraum

$$615. \quad b = \frac{S}{\mu_s - \mu_z} = \frac{48000}{8 - 2{,}96} = 9524 \text{ C. F.},$$

und da ein Luftcylinder $b_1 = 60{,}76$ C. F. enthält (574.), für die Zahl der Cylinder

$$616. \quad \frac{b}{b_1} = \frac{9524}{60{,}76} = 157.$$

e. Diese Cylinder wiegen, nach (569.), ... 452 Ctr.
Die Luft in denselben wiegt, nach (570.), ... 57 -
Dazu für das Gewicht der Maschine, nach (§. 67. *A. f.*), . 100 -
Thut für das Gewicht der Zugwerkzeuge 609 Ctr.,

so dafs, von dem $Q = 2000$ Ctr. abgezogen, noch ungefähr die Nutzlast von 1431 Ctr. übrig bleibt.

f. Die Zahl der nöthigen Pferdekräfte der Dampfmaschinen an den Luftpumpen ist hier nach (558.), mit 10 pr. c. Zuschufs,

$$617. \quad m = \frac{18 \cdot 110 \cdot 12 \cdot 48000\,(8+2{,}96)}{2 \cdot 86400 \cdot 400} \cdot \frac{11}{10} = 199.$$

g. Die Kosten der Luftcylinder auf 15 Luftwagen sind
nach (§. 67. *A. h.*) . . . . . 198 880 Thlr.
Die Kosten der Zugmaschinen, nach (583. 2.), . . . 90 000 -
Die Kosten der Dampfmaschinen von 199 Pferdekräften,
nach (§. 67. *A. h.*), ... 55 720 -
Die Kosten der Luftpumpen desgleichen . . . . . 19 900 -
Thut zusammen an Anlagekosten 364 500 Thlr.
Für die Dampfwagenbahn ist nach (§. 73. *A.*) zu rechnen 310 000 -

618. Also kostet hier die Luftwagenbahn *mehr* 54 500 Thlr.

h Die *jährlichen* Ausgaben sind folgende:

Feuerungskosten der Dampfmaschinen, die hier *stark* sein können, also für 199 Pferdekräfte, nach (§. 67. *A. k.*), zu 180 Thlr., ...	35 820	Thlr.
Erhaltungskosten der Luft-Cylinder, zu 1 pr. c. der Kosten, nach (§. 67. *A. h.*), ...	1 989	-
Desgleichen der Zugmaschinen, zu 6 pr. c., ...	5 400	-
Desgleichen der Dampfmaschinen, zu 8 pr. c., ...	4 458	-
Desgleichen der Luftpumpen, zu 6 pr. c., ...	1 194	-
Thut	48 861	Thlr.
Für die Dampfwagenbahn ist nach (§. 73. *B.*) zu rechnen	45 000	-
619. Also kostet die Luftwagenbahn *mehr*	3 861	Thlr.

C. Für Luftwagen *erster Art* würde also allerdings die Luftwagenbahn *mehr* zu bauen, zu benutzen und zu erhalten kosten, als eine Dampfwagenbahn, aber verhältnifsmäfsig doch nur *wenig mehr,* und *bei weitem* nicht *so viel mehr,* als nach (611. 1.) eine *atmosphärische* Bahn. Und da nun bei den Luftwagen *erster* Art die Verschwendung, Luft aus den Cylindern ins Freie entweichen zu lassen, die hier noch eine Spannung von 3, 4, 5 Atm. hat, gar zu bedeutend und augenfällig ist, so wird man sich schwerlich jemals Luftwagen dieser Art bedienen, und die Berechnung für dieselben (in *B.*) kommt nicht weiter in Betracht, als dafs sie zeigt, selbst noch bei so unvortheilhaften Zugmaschinen seien die Anlage- und Benutzungskosten erst *nur wenig* höher, als bei Dampfwagenbahnen. Man wird jedenfalls wenigstens *einige Absperrung* und Benutzung der Ausdehnung der zusammengepreſsten Luft in den Cylindern gestatten, und von dieser ist schon von den Dampfmaschinen her bekannt, dafs sie eine Ersparung von 30, 40 bis 50 pr. c. gewährt.

Die obigen Resultate für Luftwagen zweiter Art sind also eigentlich die *richtigen;* und jedenfalls zeigt sich wenigstens *so viel,* dafs Luftwagenbahnen *in den gewöhnlichen Fällen,* nemlich auf wenig unebenem Terrain, *nicht theurer* zu bauen und zu benutzen sind, als *Dampfwagenbahnen,* und, wie aus (611.) erhellet, dafs sie *bei weitem* wohlfeiler sind, als *alle vier* Systeme von Eisenbahnen mit *Triebröhren* zwischen den Schienen. Auf *schwierigem* Terrain aber findet das Gleiche in noch viel stärkerem Maafse Statt, weil stärkere Gefälle, wie oben bewiesen, den Luftwagen sogar *vortheilhaft* sind, während sie die Kosten und Schwierigkeiten für alle anderen Systeme *erhöhen.*

XXII. Vergleichung der fünf verschiedenen Systeme in Rücksicht ihrer andern Eigenschaften.

a. In Rücksicht ihrer Eigenung zum Ersteigen langer und steiler Abhänge.

75.

A. Unstreitig würden Lufttriebröhren sehr wohl geeignet sein, grofse Lasten steile Abhänge hinaufzutreiben, aus dem Grunde, weil hier die Spannung der Luft *unmittelbar* auf den Kolben wirkt, welcher die Wagen forttreibt, während sie in den Zugmaschinen erst die zwei Kolben in den Maschinen-Cylindern in Bewegung setzt, die zusammen aber nicht viel gröfser gemacht werden können als der Kolben in einer Lufttriebröhre, und dann diese Kraft eine viel geringere Kraft an dem Umfange der Triebräder hervorbringt, da die letztere zu der Triebkraft der Cylinderkolben nur in dem Verhältnifs der doppelten Länge der Cylinder zu dem viel gröfsern Umfange der Triebräder steht.

B. Auch pflegt man diese Eigenschaft als einen Vorzug der sogenannten *atmosphärischen* Eisenbahnen zu betrachten. Allein gerade *bei diesem System No. I.* ist sie *sehr beschränkt.*

Nach (587. und 589.) mufs nemlich mindestens

$$620. \quad Q(n+\tang\beta) = \tfrac{1}{4}\sigma\pi\delta^2\mu$$

sein. Daraus folgt

$$621. \quad Q = \frac{\sigma\pi\delta^2\mu}{4(n+\tang\beta)} \text{ und}$$

$$622. \quad \tang\beta = \frac{\sigma\pi\delta^2\mu}{4Q} - n.$$

Nun ist es kaum möglich, wenigstens jedenfalls höchst unvortheilhaft, die Luft in der Triebröhre auf mehr als $\mu = \frac{1}{3}$ Atm. auszupumpen. Ihr eine *ganze* Atm. Spannung zu geben, ist völlig *unmöglich.* Und setzt man auch nur $\mu > \frac{1}{3}$, so sind schon kaum *Behälter* mehr anwendbar, und man ist dann in der Nothwendigkeit ungeheuer starker Maschinen an den Luftpumpen, wie bei Dublin, um die Luft *schnell genug* ausschöpfen zu können; auch wird der Zudrang der Luft durch die nicht ganz dichte Längsklappe immer nachtheiliger. In der That scheint man auch schon so ziemlich anzunehmen, dafs für *dieses* System $\mu = \frac{1}{3}$ die passendste Spannung sei.

Andrerseits darf der Durchmesser der Triebröhre δ schwerlich über 2 F. betragen; denn gröfsere Röhren werden gar zu kostbar; auch mangelt es zuletzt an *Raum* für sie.

Setzt man also $\mu = \frac{1}{2}$ und das *gröfste* zuläfsliche $\delta = 2$, so giebt (621. und 622.)

623. $$Q = \frac{\sigma\pi}{2(n+\tang\beta)} \text{ und}$$

624. $$\tang\beta = \frac{\sigma\pi}{2Q} - n.$$

Gesetzt nun, es sei auch nur ein Abhang $\tang\beta$ von 1 auf 40 zu ersteigen, so ergiebt sich aus (623.), dafs selbst mit einer Röhre von 2 F. im Durchmesser nicht mehr als 975 Ctr. hinaufzubringen sind. Und verlangt man, dafs 1500 Ctr. hinaufgeschafft werden, so darf der Abhang nach (624.) nicht stärker als $\tang\beta = 1$ auf 68 sein.

Diese Beschränkungen sind aber so grofs, dafs das System zum Ersteigen starker Abhänge eigentlich *wenig* passend ist.

C. Die beiden nächsten Systeme No. II. und III., besonders No. II., mit *zusammengepreſster* Luft in einer *eisernen* Triebröhre, sind allerdings hier ganz geeignet, da man die Luft in der Röhre recht gut auch stärker verdichten kann.

Aus (620.) folgt

625. $$\mu = \frac{4Q(n+\tang\beta)}{\sigma\pi\delta^2}.$$

Verlangt man also, dafs z. B. 1500 Ctr. selbst einen Abhang von 1 auf 20 hinaufgetrieben werden sollen, und giebt der Triebröhre nur den gewöhnlichen Durchmesser von 15 Zoll, so sind nach (625.) erst $\mu = 3{,}74$ Atm. überschüssige Spannung der Luft in der Röhre nöthig; welche weiter kein Bedenken hat, als dafs dann die Röhre sehr stark sein mufs und viel kosten wird.

D. Die Systeme No. IV. und V. gehören in Rücksicht der nöthigen Kraft in eine und dieselbe Classe, weil sie beide *Luftwagen* haben, von welchen die Reibung der Triebräder auf den Schienen die Last fortschaffen mufs.

Für Luftwagen ist zufolge (156.)

626. $$Q(n+\tang\beta) = \frac{\lambda\Delta^2\mu\sigma}{D},$$

und daraus folgt

627. $$\mu = \frac{DQ(n+\tang\beta)}{\lambda\Delta^2\sigma}.$$

Also, um $Q = 1500$ Ctr. Last fortzuschaffen, ist, wenn man den Triebrädern wie gewöhnlich $D = 5$ F. Durchmesser und den Maschinen-Cylindern, von $\Delta = 12$ Zoll Durchmesser, $\lambda = 16$ Zoll Länge giebt, für einen Abhang

tang β von 1 auf 20, $\mu = 16{,}87$, und für einen Abhang tang β von 1 auf 40, $\mu = 9{,}06$ Atm. Spannung nöthig. Da indessen den Maschinen-Cylindern auch recht gut noch $\Delta = 15$ Zoll Durchmesser und $\lambda = 20$ Zoll Länge gegeben werden kann, so kommt man auch für einen Abhang von 1 auf 20 mit $\mu = 8{,}64$ und für 1 auf 40 Abhang mit $\mu = 4{,}64$ Atm. Spannung aus; und diese letztern Spannungen haben kein Bedenken, da sich die Luft in den Behältern bis zu 16 Atm. Spannung verdichten läfst.

E. Dafs das *System No. IV.* hier *nicht* passend sein würde, ist ohne Weiteres klar, indem, wenn man die Luft in der Triebröhre bis zu 4,64 oder 8,64 Atm. Spannung zusammenpressen wollte, bei jeder Fahrt ein *ungeheurer* Verlust an Luft und Kraft Statt finden würde.

F. Nur das *System No. V.* ist passend. Indessen fragt es sich hier, ob eine hinreichende *Reibung der Triebräder* auf den Schienen hervorzubringen sei, ohne die Luftwagen allzu schwer machen zu müssen.

In dem schwierigsten obigen Falle, wo eine Last $Q = 1500$ Ctr. einen Abhang von 1 auf 20 hinaufgeschafft werden soll, ist

628. $$Z = Q(n + \text{tang}\,\beta) = 81 \text{ Ctr.}$$

Zugkraft und folglich eben so viel Reibung auf den Schienen nöthig. Bedient man sich des Mittels (§. 58.), so wird dazu immer noch ein 300 bis 330 Ctr. schwerer Luftwagen mit gekuppelten Rädern hinreichen.

G. Zum *Hemmen* dienen, bei allen fünf Systemen *gleichmäfsig*, mit Sicherheit nur die gewöhnlichen *mechanischen Mittel;* denn vermittels der *Luft* in der Triebröhre, oder vermittels des Luftwagens, läfst sich, wie weiter oben auseinandergesetzt, die Bewegung nur mäfsigen, oder *allmälig* aufheben; nicht *schnell* hemmen.

H. Hieraus folgt, zusammengenommen, dafs zwar die Systeme No. II. und III., und besonders No. II., ganz geeignet sind, grofse Lasten steile Abhänge hinaufzutreiben; dafs aber auch das System No. V. nicht minder dazu pafst und also auch in diesem Punct keinem der andern Systeme nachsteht.

b. Vergleichung für die Fälle, wo die Bahn *abwechselnd* ziemlich stark steigt und fällt.

76.

A. Im Allgemeinen ist die Triebkraft, welche der Druck der Luft auf den Kolben der Triebröhre beim System No. I. und II., oder auch auf das Triebrad beim System No. III. hervorbringt, unveränderlich *gleich stark:*

der Widerstand des fortzutreibenden Wagenzuges dagegen ist *veränderlich*, und zwar *sehr stark veränderlich*. Auf Strecken, wo die Bahn 1 auf 250 *steigt*, ist der Widerstand *doppelt* so grofs, als wo sie *horizontal* liegt; auf Strecken, wo die Bahn 1 auf 250 *fällt*, ist der Widerstand *Null*. Wenn die Bahn noch stärker steigt, ist noch mehr Zugkraft nöthig, und wo sie stärker fällt, mufs sogar gehemmt werden Die *nothwendige* Zugkraft wächst daher vom Negativen durch Null ins Positive bis zum Vielfachen Dessen, was auf horizontaler Bahn nothwendig ist, während die bewegende Kraft, die auf den Kolben wirkt und den Wagenzug forttreibt, im Allgemeinen *constant* ist, und zwar *so stark* sein mufs, dafs damit der *stärkste* der vorkommenden Abhänge erstiegen werden kann. Die Triebkraft mufs also bei den Systemen mit Triebröhren, und zwar nach der Eigenthümlichkeit dieser Systeme, ganz nothwendig *bei weitem stärker sein, als eigentlich nothwendig ist*. Und da nun eine Triebkraft, welche hinreicht, den Wagenzug den stärksten Abhang hinaufzutreiben, für horizontale oder fallende Stellen ein so grofses Übergewicht über den Widerstand hat, dafs sie sehr bald eine ungeheure und gefährliche *Geschwindigkeit* hervorbringen würde, so mufs dieser Überflufs an Triebkraft durch *Hemmen vernichtet* werden, und es findet also immer ein reiner *Verlust* an Kraft Statt. Auf der atmosphärischen Eisenbahn bei Dublin, der einzigen bis jetzt benutzten, kann dieser Übelstand nur wenig oder gar nicht fühlbar sein, weil hier die Wagenzüge immer *nur* bergan fahren, und zwar so ziemlich einen gleich starken Abhang hinauf. Die Triebkraft kann hier immer nur wenig den Widerstand übersteigen; und übersteigt sie ihn selbst bedeutend, so ist davon beim *Berganfahren* keine übermäfsige Geschwindigkeit und folglich keine *Gefahr* zu befürchten. Schon dieses einen Punctes wegen dient die Dubliner Eisenbahn noch durchaus nicht zu einem Beweise der allgemeinen Anwendbarkeit und Vortheilhaftigkeit des atmosphärischen Systems. Überall, wo eine Bahn *abwechselnd steigt und fällt*, anders wie bei Dublin, und was denn auch wohl in den meisten Fällen so sein wird, wird der vorhin bemerkte Übelstand in vollem Maafse Statt finden und wesentliche und dringende Gefahr, die nur durch Hemmen abzuwenden ist, so wie *Verlust* an theuer gewonnener Kraft *unvermeidlich* sein. Das letztere ist denn auch, nächst dem Verlust an Kraft durch die nie ganz dichte Längsklappe, der *Hauptgrund*, weshalb die Triebkraft auf abwechselnd steigenden und fallenden Bahnen *nothwendig theurer sein mufs*, als bei den Systemen, die den Übelstand nicht haben.

B. Allerdings wird sich die aus diesem Übelstande entstehende Gefahr, so wie der Verlust an Kraft, *vermindern* lassen, wenn die schon weiter oben gedachten Mittel dagegen practisch möglich befunden werden.

Geht es nemlich an, dem Führer des Wagenzuges ein Mittel zu gewähren, etwa durch einen electrischen Telegraphen, dem Maschinisten an der Luftpumpe oder an den Behältern anzuzeigen, ob die Triebkraft zu stark oder zu schwach sei, so kann dieser allerdings die Kraft, besonders wenn Behälter vorhanden sind, durch blofse Handhabung des Hahns in der Zulassungsröhre schwächen, oder verstärken, und es wird also dann der Verlust an Kraft und die Gefahr vermindert. Aber wenn auch die Anweisung des Zugführers selbst *augenblicklich* dem Maschinisten zugebracht werden kann, und dieser auch so aufmerksam ist, dafs er sie eben so schnell befolgt, so *wirkt* doch, wie schon weiter oben bemerkt, Das, was er zu thun *im Stande* ist, immer nicht eben so augenblicklich, sondern erst, wenn der Wagenzug vielleicht längst über die Stelle hinweg ist, wo die Verstärkung oder Schwächung der Kraft nothwendig war. Und dafs der Wagenzugführer im Stande sein sollte, seine Anweisung so abgemessen *vorher* zu geben, dafs Das, was der Maschinist an den Behältern zu thun vermag, gerade zur *rechten Zeit* wirkt, dürfte practisch kaum möglich sein.

Bedient man sich des in (§. 61.) beschriebenen Mittels, die Triebkraft nach Erfordern zu verstärken oder zu schwächen, so erspart man den Telegraphen, und die Veränderung der Triebkraft ist etwas schneller und sicherer möglich, also die Gefahr sicherer abwendbar; aber der *Verlust an Kraft* bleibt dann noch um so mehr.

Die nothwendigen Folgen dieses den Systemen I. II. und III. auf abwechselnd steigenden und fallenden Bahnen, ihrem Wesen nach *eigenthümlichen* Mangels ganz oder auch zum gröfsern Theile abzuwenden, dürfte daher wohl schwerlich jemals möglich sein.

C. Diesen Übelstand haben nun die Systeme No. IV. und V. mit Luftwagen *gar nicht;* selbst bei *Dampfwagen* findet er weniger Statt. Bei diesen letztern vermindert sich die Triebkraft, sobald der Widerstand abnimmt, *von selbst;* denn da im allgemeinen in gleichen Zeiten immer *dieselbe* Masse Dampf im Kessel erzeugt wird und den Kolben-Cylindern zuströmt, so dehnt sich der Dampf in den Cylindern, sobald der Widerstand ab- und die Geschwindigkeit der Fahrt zunimmt, also die Kolben dem Dampf schneller ausweichen, in den Cylindern aus, drückt mithin auf die Kolben mit geringerer

Kraft und bringt eine geringere Triebkraft hervor. Auch kann der Wagenführer die Wirkung noch verstärken, wenn er die Zuströmung des Dampfs aus dem Kessel in die Kolbencylinder beschränkt, oder ganz abschneidet; oder auch wenn er die Sicherheitsklappe auf dem Kessel zu Hülfe nimmt, oder das Feuer mäfsigt. Bei *Luftwagen* hat der Wagenführer die Triebkraft vollständig in seiner Gewalt und kann sie *augenblicklich* je nach Erfordern mäfsigen, oder verstärken; ja er kann sogar, wenn die *Schwere* einen Überschufs an Triebkraft hervorbringt, diesen Überschufs benutzen und in den Luftbehältern aufsammeln; was bei Dampfwagen nicht angeht. Bei Luftwagen findet also *gar kein* vermeidbarer Verlust an Kraft Statt, und selbst dem Hemmen kommt der Luftwagen zu Hülfe.

D. Auf allen Bahnen, die abwechselnd steigen und fallen, haben also in Rücksicht der Benutzung *aller* vorhandenen Kraft und der Abwendung der Gefahr zu grofser Geschwindigkeiten die Systeme No. IV. und V., mit Luftwagen, und besonders dasjenige No. V., wo die Stärke der Spannung der Luft in den Behältern weit gröfser sein kann, als in No. VI., vor den drei Systemen No. I. II. und III. einen sehr grofsen und entscheidenden Vorzug, und der Übelstand bei No. I. II. und III. in dieser Beziehung ist so bedeutend, so fundamental und so unabwendbar, dafs es wohl diesen ganz unmöglich sein dürfte, überall, wo nicht, wie bei Dublin, die Wagenzüge *nur* ausschliefslich bergan zu treiben sind, gegen die andern aufzukommen.

c. Vergleichung der fünf Systeme in Absicht der Schnelligkeit der Fahrt.

77.

A. Es ist an den Röhren-Eisenbahnen mit Triebkolben, namentlich an dem sogenannten atmosphärischen System No. I., als dem einzigen von den dreien No. I. II. III., die bis jetzt zur Ausführung kamen, gerühmt worden, dafs dasselbe, wie es bei Dublin die Erfahrung zeigt, geeignet sei, eine *sehr grofse* Geschwindigkeit der Fahrt zu ermöglichen. Dieses ist, wie es auch der Augenschein gezeigt hat, vollkommen richtig: aber wollte man etwa behaupten, die Kraft zu einer sehr schnellen Fahrt sei den atmosphärischen Eisenbahnen *ausschliefslich*, oder auch nur *vorzugsweise* eigen, so würde dieses ein gänzlicher Irrthum sein. Die Kraft, sehr schnell zu fahren, ist *überall* vorhanden, wo ein hinlänglicher *Überschufs* der Triebkraft über die nöthige Zugkraft Statt findet. Einen solchen Überschufs kann aber *jedes* System, auch das mit Dampfwagen, hervorbringen, und folglich kann man in *allen* Systemen

so schnell fahren, als man will, und das Vermögen des Schnellfahrens ist durchaus nicht dem System No. I. ausschliefslich, oder auch nur vorzugsweise eigen.

Die Frage wegen der *Geschwindigkeit der Fahrt* ist in allgemeiner Beziehung interessant. Betrachten wir sie daher noch etwas näher. Andeutungen dazu finden sich schon weiter oben.

B. In Folge des *Beharrungsvermögens*, oder, wie man es auch nennt, der *Trägheit* (inertia) der Körper, ist bekanntlich *immer* zur *Veränderung* der Geschwindigkeit ihrer Bewegung (Vermehrung und Verminderung), also auch zur Erzeugung der Geschwindigkeit *ruhender* Körper, *Kraft* nöthig. Ist ein Körper einmal in Bewegung, so bewegt er sich *ohne* eine neue Kraft mit derselben Geschwindigkeit immer weiter fort, und es ist also *keine* Kraft weiter nöthig, als die zur ersten *Erzeugung* der Geschwindigkeit. Ist daher ein Wagenzug einmal in Bewegung gebracht worden, nemlich durch einen *Überschufs* der Triebkraft über den Widerstand, so ist kein solcher *Überschufs* weiter nöthig, sondern nur diejenige Triebkraft, die dem Widerstande ganz strenge *gleich* ist. Hienach ist auch weiter oben *gerechnet* worden. Abgesehen also von jenem ersten Überschufs der Triebkraft, der allerdings *gröfser* oder *kleiner* ist, je nachdem es die *Geschwindigkeit* der Bewegung sein soll, ist die *während* der Fahrt weiter nöthige Triebkraft immer genau *dieselbe, man mag schnell oder langsam fahren.* Und da nun jener, zur ersten Erzeugung der Geschwindigkeit nöthige Überschufs an Triebkraft gegen die überhaupt nöthige Kraft, wie es die obigen Berechnungen zeigen, gewöhnlich nur *wenig bedeutend* ist, so kommt man zu dem eigenthümlichen und beim ersten Anblick seltsam scheinenden Satze, dafs auf Eisenbahnen zu grofsen und zu kleinen Geschwindigkeiten beinahe immer nur *dieselbe* Summe von *Kraft* nöthig ist, und folglich auch die gröfsere Geschwindigkeit fast nicht mehr *kostet*, als die geringere.

C. Dieser Satz ist aber keineswegs paradox, sondern *scheint* es nur, vielleicht nur deshalb zu sein, weil er der Erfahrung bei der Fortschaffung von Lasten durch *Thierkräfte*, die bis zu den Eisenbahnen hin allein üblich war, widerspricht. Allein dieses Fortschaffungsmittel ist auch von wesentlich verschiedener Art gegen das durch *Maschinen*. Zugthiere sind allerdings *mehr* nöthig, wenn man schnell als wenn man langsam fahren will, und das schnelle Fahren kostet also auch mehr; aber das letztere nur deshalb, und zwar *immer*, weil die Thiere auch eben so wohl wenn sie ruhen, als wenn sie sich bewegen, ernährt werden müssen. Läfst man die Thiere vor den Fuhrwerken

selbst sich herbewegen, so ist aus dem Grunde zur *schnellen* Fahrt mehr *Kraft* nöthig, als zur langsamen, weil die schneller sich bewegenden Thiere *weniger* ziehen, als wenn sie langsam gehen. Ein Pferd zieht im Frachtschritt ($3\frac{1}{3}$ F. in der Secunde) 110 Pfund fort; soll es doppelt so geschwinde gehen, kaum halb so viel, bei der drei- und vierfachen Geschwindigkeit kaum noch 25 Pfund.

D. Man stelle sich vor, statt der Pferde, welche nöthig sind, eine gewisse Last im Frachtschritt $\frac{1}{2}$ Meile in der Stunde fortzuziehen, würden andere auf einen vor den Wagenzug gespannten Wagen gebracht, und man liefse sie auf demselben eine *Maschine* in Bewegung setzen, welche die Geschwindigkeit *vervierfacht,* so wird man nothwendig, wenn man will, dafs die Pferde auch hier nur im Frachtschritt gehen sollen, um ihre *volle Zugkraft* zu behalten, 4mal so viel Pferde an die Maschine spannen müssen, wenn man 2 Meilen statt $\frac{1}{2}$ Meile in der Stunde fahren will. Die vierfache Geschwindigkeit wird also auch nothwendig viermal so viel *kosten* als die einfache; aber dies doch *auch nur deshalb,* weil die Pferde eben so wohl während der Ruhezeit als während der Arbeitszeit *ernährt* werden müssen. Wäre das *nicht* der Fall, kosteten die Pferde nur während der *Arbeitszeit* Ernährung, so würde die 4fache Geschwindigkeit keineswegs mehr kosten, als die einfache: denn die Arbeitszeit bei der erstern ist dann auch nur *ein Viertel* der für die letztern. Das ist nun wirklich der Fall der *Maschinen, ohne Pferde,* und wir kommen also hier schon gleich auf den obigen Satz, dafs die vielfache Geschwindigkeit *nicht* mehr kostet als die einfache, sobald die bewegende Kraft nur dann etwas kostet, wenn sie wirklich erzeugt wird. Auf Thierkräfte ist der Satz aus dem eben vorhin angegebenen Grunde freilich nicht passend. Mit dem Pferdegöpel, vor den Wagenzug gespannt, kann man die Geschwindigkeit wohl noch mehr vervielfachen. Spannt man die Pferde ohne Maschine vor die Wagen selbst, so geht die Vergröfserung der Geschwindigkeit nicht gut über das *Vierfache* oder über 2 Meilen in der Stunde hinaus, und auch hier sind etwa 4mal so viel Pferde nöthig, jetzt deshalb, weil ihre Zugkraft nur noch der vierte Theil ist. Das Resultat ist dasselbe.

E. Auf Eisenbahnen kostet wirklich die bewegende Kraft, Dampf oder zusammengepreſste Luft, *nur dann* Geld, wenn sie gebraucht wird, nicht während der *Ruhezeit* der Wagenzüge. Also ist es ganz völlig wahr, dafs auf Dampf- oder Luftwagen-*Eisenbahnen* die gröfsere Geschwindigkeit, abgesehen von der geringen Kraft, die zur ersten *Erzeugung* der Geschwindigkeit nöthig ist,

durchaus *nicht mehr* kostet, als die langsamere Fahrt. Es ist dies lediglich die Folge der Anwendung von *Maschinen* an die Stelle von Zugthieren. Auf dem blofsen Boden, und selbst auf Chausséen und Pflaster, sind aber Maschinen entweder gar nicht, oder doch nur mit geringem Nutzen anwendbar, weil *sie selbst,* gegen die Last, welche sie fortschaffen, zu *schwer* werden. Aber auf *Eisenbahnen,* wo *dieselbe* Zugkraft wegen der geringen Reibung der Räder auf den Schienen eine viel gröfsere Last fortzuziehen im Stande ist, ist das Verhältnifs des Gewichts der nöthigen Zugmaschinen zu der Last, welche sie fortzuschaffen vermögen, so günstig, dafs ihrer Anwendbarkeit nichts entgegensteht; und da nun die bewegende Kraft hier, in so fern sie Dampf oder Luft ist, *nur dann* Kosten macht, wenn sie *wirkt*, so kostet *hier* die gröfsere Geschwindigkeit beinahe *nicht* mehr, als die kleinere.

F. Hieraus folgt der wichtige Umstand, dafs der Vorzug der Eisenbahnen vor andern Strafsen keineswegs *allein* darin besteht, dafs auf den Schienenwegen *dieselbe* Zugkraft weit *mehr Last* fortschafft, als auf gewöhnlichen Strafsen, sondern auch noch in dem *zweiten,* nicht minder wichtigen Umstande, dafs die gröfsere Geschwindigkeit, bis zu jeder beliebigen Steigerung, immer nur *wenig* mehr kostet, als die geringere, niemals das Ebensovielfache als die Steigerung beträgt.

Diese Betrachtung erklärt recht deutlich die wunderbare Erscheinung, dafs die Eisenbahnen schon so allgemein und so unwiderstehlich Eingang gefunden haben. Der erste ihrer beiden Vorzüge, blofs mehr Last mit derselben Kraft fortzuschaffen, würde dazu vielleicht nicht hingereicht haben. Aber der zweite Umstand, dafs man nun auch, fast ohne mehrere Kosten, noch jede beliebige Geschwindigkeit erlangen kann, zu dem ersten Vortheil hinzukommend, macht den Nutzen so sehr und so ungeheuer grofs, dafs er wohl hinreichen *mufste,* vermittels des Gewinns das Vorurtheil und die Anhänglichkeit am Alten schnell und allgemein zu besiegen; wozu sonst wie bekannt Viel zu gehören pflegt.

G. Um auf den Gegenstand der Überschrift dieses Paragraphen zurückzukommen, wiederholen wir, dafs das Vermögen, grofse Geschwindigkeiten zu erzeugen, keinesweges dem atmosphärischen System *ausschliefslich* eigen ist, sondern *jedem* System beiwohnt, welches einen Überschufs der Triebkraft über den Widerstand hervorzubringen im Stande ist. Auch nicht einmal *vorzugsweise* ist es der Fall, da der zur Erzeugung der Geschwindigkeit nöthige Überschufs an Kraft nur auf eine verhältnifsmäfsig kurze Zeit nothwendig und an sich selbst, eben so, verhältnifsmäfsig nur wenig bedeutend ist.

d. Vergleichung der fünf Systeme in Rücksicht der Sicherheit der Fahrt.

78.

A. Die grofse, nicht genug zu schätzende Vermehrung der ***Sicherheit*** der Fahrt durch die Entfernung des ***Feuers*** von der Bahn haben unbestritten alle fünf Systeme, und zwar ***ganz gleichmäfsig,*** vor den Dampfwagenbahnen voraus.

B. Ferner gewähren die drei Systeme No. I. II. und IV., mit einer Triebröhre und einer ***Triebstange,*** welche den vordern Wagen mit der auf dem Unterbau befestigten Triebröhre verbindet, diesem vordern Wagen unstreitig einige Sicherheit, dafs er nicht aus den Schienen komme. Dieses ist ein bestimmter und gewisser Vorzug der genannten drei Systeme vor den beiden No. III. und V., so wie vor dem Dampfwagensystem.

Der Vorzug ist unstreitig schätzbar, aber er ist am Ende nicht sehr grofs; denn die mehrere Sicherheit wird fast nur dem ***einen,*** vordern Wagen zu Theil, höchstens noch einigermafsen den ihm zunächst angehängten, aber durchaus nicht mehr den weiter folgenden Wagen. Diese können ebensowohl aus den Schienen gerathen, als bei den beiden andern Systemen und bei Dampfwagenbahnen.

Und dann sind auch wieder die Systeme No. I. II. und IV., so wie auch No. III., gegen No. V. dadurch im Nachtheil, dafs, wenn die Achse oder ein Rad eines Wagens, besonders am vordern Wagen, bricht, die Triebröhre in Gefahr kommt, zerschmettert, oder doch stark beschädigt zu werden, und dafs dann die Passage so lange gehemmt bleibt, bis die Triebröhre wieder hergestellt ist, während bei No. V., oder auch bei den Dampfwagenbahnen, nur der gebrochene Wagen weggeschafft werden darf, um die Passage ohne Weiteres fortsetzen zu können. Dieser Nachtheil dürfte leicht den vorigen Vortheil aufwiegen.

C. Die Systeme No. I. II. und IV., besonders No. I. und II., haben ferner grofse Schwierigkeiten und selbst Gefahren bei dem Übergange des Triebkolbens von einem Röhrenstück in das andere. Bei Dublin findet das noch nicht Statt, weil ***nur ein*** Röhrenstück vorhanden ist. Und so sinnreich und künstlich man auch die Klappen an den Enden der Röhrenstücke anordnen mag, so möchte doch zu bezweifeln sein, ob es möglich sein werde, jene Schwierigkeiten und Gefahren ganz zu entfernen. Das Beste möchte vielleicht noch sein, den Kolben gar nicht von einem Röhrenstück in das andere

übergehen zu lassen, sondern jedem Stück seinen eignen Kolben und einen eignen vordern Wagen zu geben. Allein dies würde dann auch wieder mehr kosten; andere neue Schwierigkeiten ungerechnet. Das System No. III. trifft der Übelstand *weniger*, und das System No. V. *gar nicht*. Also auch in diesem Punct hat No. V. vor den andern Systemen einen Vorzug.

D. Man hat es ferner den Triebröhrenbahnen, insbesondere dem System No. I., als einen Vorzug angerechnet, dafs die Begegnung und folglich der Zusammenstofs zweier Wagenzüge auf einem und demselben Schienenpaare, der bei den andern Systemen und bei Dampfwagenbahnen leicht vorkommen kann, hier *unmöglich sei*. Aber dieser Vorzug ist doch wohl nur mehr scheinbar, als wirklich; wenigstens dürfte die Gefahr, wenn man *dasselbe* Mittel, welches bei No. I. *nothwendig* ist, bei den andern Systemen *freiwillig* anwendet, auch bei diesen eben so sicher zu vermeiden sein.

Man stelle sich nemlich vor, auf einer atmosphärischen Eisenbahn solle sich ein Wagenzug von *A* aus nach *B* bewegen, so mufs, ehe das geschehen kann, von *A* nach *B* hin erst gemeldet werden, dafs man dort die Luft auspumpen oder in die Behälter ausströmen lassen solle: denn in *B*, *nicht* an dem Abfahrts-Ort *A*, mufs das geschehen; die Luft mufs *vor* dem Triebkolben verdünnt werden. Dies bedingt denn schon nothwendig, soll nicht viel Aufenthalt entstehen, das Vorhandensein eines sehr schnellen Meldungsmittels, eines *electrischen Telegraphen* zum Beispiel.

Hat man nun *dasselbe* Mittel auch bei den andern Systemen, so darf man nur von *A* nach *B* hin melden, es *werde* ein Wagenzug nach *B* hin abgehen, und der Wagenzug, welcher etwa in *B* im Begriff ist, nach *A* hin abzugehen, mufs entweder dort warten, oder sich vorsehen, dafs er auf einer Ausweichestelle warte. Da *dieselbe* Regel natürlich auch für *B* gilt, so *kann* aus *B* noch kein Wagenzug *abgegangen sein*, ohne dafs es nach *A* hin wäre gemeldet worden. Erfolgt also aus *B keine* Antwort, oder *besser*, die Antwort, dafs man die Meldung vernommen habe, wozu nach der Voraussetzung immer nur *einige Secunden* Zeit gehören, so kann der Wagenzug aus *A sicher* abgehen, ohne zu fürchten, dafs er gegen einen ihm entgegenkommenden Zug stofsen werde. Für den Fall, dafs etwa zwei entgegengesetzte Meldungen sich *kreuzen* sollten, darf man nur entweder ein für allemal für *solchen* Fall der Fahrt nach einer bestimmten Richtung den Vorrang geben, oder es ist höchstens eine zweite, den Vorrang entscheidende Meldung nöthig.

Durch *dasselbe* Correspondenzmittel also, welches für atmosphärische

Eisenbahnen *nothwendig* ist, läfst sich die Gefahr des Zusammenstofsens zweier Wagenzüge auch bei jedem andern Systeme und ebenso sicher vermeiden.

Dafs zwei Wagenzüge auf einer Station sich einholen und zusammenstofsen, ist allemal blofs ein Fehler der Dirigenten oder der Wagenführer.

Die Gefahr des Stofses gegen *Hindernisse* auf der Bahn endlich ist bei *allen* Systemen dieselbe.

Also auch in diesem Punct hat die atmosphärische Eisenbahn, und überhaupt kein System mit Triebröhren, vor den Systemen ohne Triebröhre einen wesentlichen Vorzug.

E. Ein *Vorzug* der Systeme No. I. II. III. mit Triebröhren vor den übrigen ist dagegen der, dafs der vordere Wagen weniger *complicirt* ist, als ein Dampfwagen oder Luftwagen, und also auch weniger in Gefahr, Schaden zu leiden. Dafür sind aber auch wieder die Längsklappen und die Kolben in einer solchen Gefahr, und Eins möchte wohl das Andere aufwiegen.

F. Ein entschiedener *Nachtheil* der Systeme No. I. II. III. und IV. gegen No. V. und gegen Dampfwagenbahnen ist endlich der, dafs, wenn die Längsklappe, oder der Triebkolben, oder die Triebröhre während der Fahrt schadhaft wird, der Wagenzug auf der Bahn stehen bleibt und dann durch *Pferde* abgeholt werden mufs, während das Gleiche bei den andern Systemen schneller durch *Luft- oder Dampfwagen* geschehen kann.

c. Vergleichung der fünf Systeme in Rücksicht von Ersparungen an den Anlagekosten der Bahn, die sie gegen eine Dampfwagenbahn gewähren können.

79.

A. Ein erstes Mittel, an den zu einer Dampfwagen-Eisenbahn nöthigen Anlagekosten zu sparen, ergiebt sich, wenn *die Schienen und der Unterbau schwächer gemacht werden können.*

Dieses geht in der That bei allen obigen fünf Systemen, und zwar beinahe *gleichmäfsig* an; denn Dampfwagen-Eisenbahnen erfordern, *insbesondere* der schweren Zugmaschine wegen, die 200 bis 300 Ctr., also zwei bis drei mal so viel wiegt, als ein beladener Personen- oder Güterwagen, einen starken Unterbau: bei den Systemen I. II. III. und IV. dagegen ist der vordere Wagen beinahe nichts anders als ein beladener Güterwagen, und braucht nicht eben mehr zu wiegen. Der Luftwagen für das System No. V. wird *vielleicht* etwas schwerer nöthig sein, als ein Transportwagen, weshalb wir denn auch oben bei den Kostenvergleichungen für das System No. V. in (73. *A.*) *weniger*

an Ersparung durch den leichten Unterbau angesetzt haben, als in (§. 69. *K.*) für die vier andern Systeme: da indessen die Luftcylinder für No. V. nach Belieben auf mehrere Wagen sich *vertheilen* lassen, so möchte durch eine gute Anordnung dem System V. auch wohl *ganz* der den vier andern Arten in diesem Punct eigene Vorzug vor den Dampfwagenbahnen zugewendet werden können.

Dafs übrigens die Ersparung an den Kosten des Unterbaues *bei weitem* nicht die Kosten der *Triebröhre* aufwiegt, die für die Systeme I. II. III. und IV. gegen Dampfwagenbahnen *mehr* nöthig ist, ergeben die obigen Kostenvergleichungen. Die Triebröhre kostet immer mehr denn *doppelt* so viel, als der *gesammte* Unterbau, nebst den Schienen selbst, und folglich läfst sich hieran jedenfalls nur ein *kleiner Theil* der Kosten der Triebröhre ersparen.

B. Ein zweites Ersparungsmittel ist, wenn die *Brücken, über* welche die Eisenbahn hinweggeht, *schwächer,* und diejenigen, *unter* welche sie hindurchgeht, *niedriger* sein können; desgleichen wenn etwa der *Damm schmaler* sein kann.

a. Die *Brücken, über* welche die Eisenbahn hinwegläuft, können in denselben Fällen schwächer sein, wo es der Unterbau sein kann. Es gilt also in diesem Punct Dasselbe, was in (*A*) bemerkt ist. Der Vorzug vor den Dampfwagenbahnen kommt also hier allen fünf obigen Systemen *gleichmäfsig* zu.

b. Das letztere ist auch, und zwar *völlig* gleichmäfsig, für alle fünf Systeme in Absicht der Brücken der Fall, *unter* welche die Eisenbahn hindurchgeht. Bei allen fünf Systemen können diese Brücken *niedriger* sein; denn bei keinem hat der vordere Wagen, gleich dem Dampfwagen, einen *Schornstein,* wegen dessen die Brücken über die Eisenbahn hinweg eine lichte Höhe von 20 und mehreren Fufsen haben müssen. Hier werden sie um 5 und mehrere Fufs niedriger sein können, und die daraus entstehende Ersparung kann *bedeutend* sein, da, aufser der Ersparung an den Brücken selbst, auch die *Anfahrten* der Querwege niedriger und die *Einschnitte* für die Eisenbahn weniger tief nöthig sind. In *keinem* Fall können die Kosten in diesem Punct *höher* sein, als bei Dampfwagenbahnen.

Da die Kosten der *Brücken* gar zu sehr von örtlichen Umständen abhängen, so ist für Ersparungen daran oben in der Kostenvergleichung lieber gar nichts angesetzt worden. Es kommt also in diesem Punct allen fünf Systemen noch einige Verminderung der Kosten gegen die der Dampfwagenbahnen zu gut.

c. ***Schmaler*** als für Dampfwagenbahnen würde der ***Damm*** nur dann sein können, wenn für die Röhrensysteme I. II. III. IV. ***ein einzelnes*** Schienenpaar ***eher*** ausreichte, als für Dampfwagen; denn sonst ist die nöthige ***Breite*** völlig dieselbe: allein damit verhält es sich eher gerade umgekehrt. Bei den Dampfwagenbahnen, so wie bei dem System No. V., welches in ***diesem*** Punct mit ihm in eine und dieselbe Classe gehört, kann man sich auf längern Stationen wenigstens möglicherweise noch mit ***Ausweichestellen*** helfen: bei den Röhrensystemen durchaus nicht. Hier können sich die Wagenzüge nur allein auf den Stationsstellen begegnen; und wahrscheinlich werden sogar diejenigen Ingenieure, welche für längere, einigermaafsen frequente Linien ***immer zwei*** Schienenpaare verlangen, Recht haben.

Hier also dürfte bei den Röhren-Eisenbahnen I. II. III. IV. durchaus keine Kosten-Ersparung gegen die Dampf- und Luftwagenbahnen möglich sein. Letztere beide aber sind in ***diesem*** Punct wieder völlig gleich.

C. Ein drittes Ersparungsmittel ist, wenn die ***Bahn,*** also die ***Krone des Dammes,*** mehr dem Terrain folgen kann; und diese Ersparung kann in schwierigem, selbst nicht einmal bergigem, sondern blofs unebenem Terrain ganz ***ungemein bedeutend*** sein; denn wenn man mehr der Oberfläche des Terrains folgen darf, so ist nicht allein weniger ***Erd-Arbeit,*** sondern, wegen der geringeren Böschungen der Aufschüttungen und Einschnitte, weniger ***Grund und Boden*** zu der Bahn nöthig, welcher oft ***sehr*** theuer ist. Selbst zu der Bahn zwischen Berlin und Potsdam, wo das Terrain durchaus nicht sehr schwierig ist, hat, um der Bahn für die Dampfwagen Gefälle von nicht über 1 auf 300 zu verschaffen, der Damm wohl ***dreimal*** so viel Erd-Arbeit erfordert, als z. B. zu einer viel breitern ***Chaussée*** nöthig gewesen sein würde, und ein Ansehnliches an Terrain zu den Böschungen.

Nun sind allerdings für die Röhrensysteme No. I. II. III. und IV., ebensowohl wie für No. V., stärkere Gefälle als für Dampfwagen ***zulässlich:*** allein wenn die Bahn ***abwechselnd steigt und fällt,*** was immer am häufigsten der Fall sein wird, entstehen daraus, wenn man dem Damm für No. I. II. III. und IV. stärkere Gefälle giebt, auch alle die in (§. 76.) aufgezählten Nachtheile, und der Verlust an ***Kraft*** möchte wohl leicht den Gewinn an den ***Anlagekosten*** wieder aufwiegen. Nur dann, wenn die Bahn ***fortwährend*** steigt oder fällt, kommen die Röhrensysteme gegen Dampfwagenbahnen dadurch, dafs bei ihnen stärkere Gefälle zulässlich sind, in Vortheil, und ***bedeutend*** in Vortheil.

Für das System No. V. dagegen, mit Luftwagen ohne Triebröhre, findet der Vortheil nicht allein *immer* Statt, sondern stärkere Gefälle sind für dieses System, wie sich weiter oben zeigte, sogar in dem Maafse besser als schwächere, dafs man hier sogar wohlthut, horizontale und schwache Gefälle zu *vermeiden.*

In diesem Punct also hat das System No. V. nicht allein vor den Dampfwagenbahnen, sondern auch vor allen andern 4 Systemen einen *entschiedenen* und *bedeutenden* Vorzug. Mit dem System No. V. und, man kann wohl sagen, *nur* durch dieses System, würden sich so manche ungeheuer hohe Dämme und tiefe Einschnitte, ja so mancher *Tunnel* und also öfters *sehr grofse* Kosten ersparen lassen.

D. Ein viertes Ersparungsmittel ist, wenn die *nöthigen Krümmen* einer Eisenbahn kleinere Halbmesser als für Dampfwagen bekommen dürfen. Auch dies kann möglicherweise *sehr* grofse Kosten sparen; denn es ist öfters in unebenem Terrain sehr schwer, grofse Halbmesser der Krümmen zu erzielen, und es sind, blofs um dazu zu gelangen, zuweilen hohe Dämme und tiefe Einschnitte, selbst Tunnels nöthig.

Es ist als ein Vorzug der atmosphärischen Eisenbahnen gerühmt worden, dafs dieselben wirklich stärker gebogene Krümmen sollen haben können, als Dampfwagenbahnen; und wenn dies der Fall wäre, so würde der gleiche Vorzug auch noch wenigstens den Systemen II. und IV. zukommen. Allein es ist kein rechter und kein zureichender Grund einzusehen, warum es sich mit den Krümmen so verhalten sollte.

Für Dampfwagen müssen nemlich die Krümmen besonders deshalb bedeutend grofse Halbmesser haben, damit die Wagen, wenn sie sich mit grofser Geschwindigkeit bewegen, weniger in Gefahr sein mögen, mit ihren Spurkränzen über die Schienen zu springen, und besonders, damit sie nicht durch die *Schwungkraft*, die in geradem Verhältnifs des Quadrats der Geschwindigkeit und in umgekehrtem Verhältnifs der Gröfse der Halbmesser der Krümme zunimmt, über die Schienen hinausgeschleudert werden. Bei den Röhren-Eisenbahnen mit Triebkolben, also auch bei der atmosphärischen Eisenbahn, ist das Einzige, was gegen diese Gefahr eine den Spurkränzen zu Hülfe kommende Gegenwirkung gewährt, der Umstand, dafs der vordere Wagen mittels der Triebstange an den Triebkolben und folglich an die Triebröhre befestigt ist. Allein wenn auch wirklich die Triebröhre so fest auf die Unterlagehölzer angeschraubt werden kann, dafs sie nicht abgerissen wird, so kann doch die Triebstange, und selbst die Triebröhre, von der Gewalt der Schwungkraft,

die *sehr grofs* ist und z. B. in einer Krümme von 50 Ruthen Halbmesser bei 8 Meilen Geschwindigkeit in der Stunde schon mehr als den 7ten Theil des *Gewichts des Wagens,* mithin selbst für einen Führerwagen, der nicht schwerer ist als ein Transportwagen, schon wenigstens 15 Ctr. beträgt, *zerbrochen* werden. Also ist *dieses* Schutzmittel nur gar unsicher. Dann aber schützt die Triebstange, wie schon bemerkt, nur den *vordern* Wagen, und höchstens noch einigermaafsen den zunächst folgenden, aber durchaus nicht die übrigen Wagen des Zuges, und nutzt also, wenn man auch wirklich darauf rechnen dürfte, nur sehr wenig.

Das *sichere* Mittel gegen die Schwungkraft, wenn man kurze Krümmen machen will, sind allein *hölzerne hohe Schienen,* neben die eisernen, an der convexen Seite der Krümmen auf die Unterlagehölzer befestigt. Und dieses Mittel läfst sich bei *allen* Eisenbahnsystemen *gleichmäfsig* anbringen, und dürfte auch wohl bei allen *gleichmäfsig nothwendig* sein.

Also auch in diesem Punct haben die Eisenbahnen mit Triebröhren und Triebkolben vor den übrigen Systemen nur einen geringen und zweifelhaften Vorzug und, da die hölzernen Schutzschienen in den Krümmen der dem ersten folgenden Wagen wegen dennoch überall nothwendig sind, eigentlich gar keinen Vorzug. Alle Systeme sind hier im gleichen Falle. Dafs man bei Dublin wirklich sehr schroffe Krümmen gemacht hat und sie mit grofser Geschwindigkeit befährt, beweiset nichts. Denn der Stofs und die Gefahr sind hier auch sehr grofs, und ohne die *Schutzschienen,* die man dort gelegt hat, würden wahrscheinlich die Wagen aus der Bahn geschleudert werden.

f. Von den Krümmen einer Eisenbahn.

80.

Ich will hier im Vorbeigehen noch eines die Krümmen betreffenden, ganz erheblichen Umstandes gedenken.

In *jeder* Krümme nemlich ist *mehr Zugkraft* nöthig, als auf *gerader* Bahn; und zwar aus zwei Ursachen. Die erste ist, weil in der Krümme die Spurkränze der Wagen durch die Schwungkraft seitwärts an die Schienen gedrückt werden und dadurch eine Reibung mehr entsteht; die zweite ist die, dafs, wenn, wie auf Eisenbahnen gewöhnlich, und wie es auch nicht anders sein kann, die Räder nicht wie bei gewöhnlichen Fuhrwerken um die Achse sich drehen, sondern daran fest sind und also einen Cylinder, vom Durchmesser der Räder, von der Länge der Bahnspurbreite bilden, die Räder auf den Schienen

an der *äufsern* Seite der Krümme nicht blofs *rollen* müssen, sondern auch um die Länge, um welche die äufsere Schiene die innere übertrifft, *geschleift* werden und also auch dadurch noch einen bedeutenden Widerstand erfahren.

Der erste der beiden Übelstände läfst sich bekanntlich so ziemlich heben, wenn man die äufsern Schienen in einer Krümme etwas *höher* legt, als die innere, weil dann der Abhang der Bahn, der *Breite* nach, der Schwungkraft entgegenwirkt und also die Spurkränze der Räder von den Schienen abhält. Der zweite Übelstand (und dieser ist in schroffen Krümmen sogar der bedeutendere) ist offenbar *unvermeidlich*, so lange die Räder mit der Achse fest verbunden sind.

Ich habe, um diesen zweiten Übelstand zu heben, anderswo, im 3ten Heft 13ten Bandes dieses Journals, §. 45. S. 246 etc. ein Mittel vorgeschlagen, welches mit geringen Kosten ausführbar ist und welches mir durchaus practisch zu sein scheint. Ich bringe dasselbe hier in Erinnerung.

Bedient man sich dieses Mittels und befestigt in den Krümmen hölzerne Schutzschienen neben die eisernen, so wird man in *allen* Systemen, und in allen mit *gleichem* Grade der Sicherheit und *gleicher* Ersparung an der Zugkraft in den Krümmen, diesen auch kleinere Durchmesser geben können als gewöhnlich, selbst bis zu 50 Ruthen hinab.

g. Übersicht der Vergleichung der fünf Systeme untereinander und mit dem Dampfwagensystem.

81.

In der vorstehenden Auseinandersetzung wird man bemerkt haben, dafs sich fast in allen Puncten ein Vorzug des Systems No. V. vor den vier andern Systemen, so wie auch vor den Dampfwagenbahnen ergiebt, und dafs es allen diesen fast in keinem Puncte nachsteht. Um dies deutlicher vor Augen zu stellen, wollen wir kurz und übersichtlich hersetzen, wie es sich dem Obigen zufolge mit dem System No. V. gegen die andern vier Systeme und gegen das Dampfwagensystem verhält.

Erstlich die *Anlage-, Erhaltungs- und Benutzungskosten* einer Eisenbahn nach dem System No. V. werden in den *gewöhnlichen* Fällen, zu welchen die zum Beispiel genommene Bahn zwischen Berlin und Potsdam gehört, also auf *längere* Linien und für die *allgemeine* Anwendung der Eisenbahnen, mit Luftwagen *zweiter* Art um ein nicht Unbedeutendes *geringer* sein als die einer *Dampfwagenbahn* (§. 74. 611. 5.), und mit Luftwagen *erster*

Art freilich um Etwas, wiewohl nicht verhältnifsmäfsig *viel* höher (618. und 619.); indessen wird man auch schwerlich der Luftwagen erster Art sich bedienen.

Alle vier andern Systeme, also auch die sogenannte atmosphärische Bahn, kosten *sehr bedeutend viel mehr* zu bauen, zu erhalten und zu benutzen, als eine Dampfwagenbahn, zum Theil 2, 3 und 4mal so viel *mehr* in den Anlagekosten, als der *ganze Unterbau* (611.).

In ungewöhnlichen Fällen, wo Dampfwagen gar nicht mehr ausreichen, nemlich wo sehr hohe und steile Abhänge zu ersteigen sind, kann das Verhältnifs der Kosten von No. I. II. III. IV. möglicherweise für diese günstiger sein, aber schwerlich wird, wegen der kostbaren *Triebröhre, jemals* irgend eins der vier ersten Systeme *weniger* Anlagekosten erfordern, als No. V.

Zweitens. Den sehr grofsen Vorzug vor den Dampfwagenbahnen, dafs das *Feuer von der Bahn entfernt wird* und dafs auch *Wasser-, Wind-* und *Thierkraft,* wo die Örtlichkeit es zuläfst, wenigstens hülfsweise, neben der Dampfkraft benutzbar ist, hat No. V. mit No. I. II. III. und IV. vollkommen gemein, und ist also darin den übrigen Systemen *gleich.*

Drittens. Zum *Ersteigen* sehr hoher und steiler Abhänge, wo Dampfwagen nicht mehr wohl ausreichen, sondern jetzt *stehende* Maschinen nöthig sind, ist das atmosphärische System No. I. nur in beschränktem Maafse geeignet. Schon auf einen Abhang von 1 auf 40 lassen sich nur etwa 975 Ctr. Last auf einmal hinaufbringen, und ein Wagenzug von 1500 Ctr. schwer läfst sich nur noch auf einen Abhang von 1 auf 63 hinauftreiben (§. 75. *B.*).

Das System No. IV. ist hier gar nicht passend (§. 75. *E.*).

Die Systeme No. II. III. sind hier sehr wohl passend, besonders No. II.; nur werden sie hier auch sehr kostbar sein (§. 75. *C.*).

Das System No. V. ist mit Hülfe des Mittels (§. 58.) auch hier anwendbar (§. 75. *F.*), und zwar wahrscheinlich mit *geringern Kosten* als jedes andere.

Die Mittel zum *Hemmen* beim Bergabfahren sind bei allen fünf Systemen dieselben; jedoch hat No. V. vor den vier andern, insofern es darauf ankommt, die Geschwindigkeit blofs zu *mäfsigen,* vor den vier andern auch hier einigen Vorzug (§. 75. *G.*).

Viertens. In Fällen, wo die Bahn *abwechselnd ziemlich* stark *steigt und fällt,* haben No. IV. und V., und besonders No. V., in Absicht der Ersparung an Kraft und in Rücksicht der Gefahr zu grofser Geschwindigkeiten

vor No. I. II. und III., so wie auch vor den Dampfwagenbahnen, einen sehr wesentlichen Vorzug, der so bedeutend ist, dafs allein wegen des Grundmangels auch der atmosphärischen Bahnen in *diesem* Punct, dieselben vielleicht sogar nur ausschliefslich für Fälle, wo, wie bei Dublin, die Strafse *fortwährend steigt*, rathsam sein dürften (§. 76.).

Fünftens. Rücksichtlich der Möglichkeit der Hervorbringung *grofser Geschwindigkeiten* hat kein System vor dem andern einen Vorzug.

Sechstens. Rücksichlich der *Sicherheit* der Fahrt haben No. I. II. und IV. vor den übrigen und vor den Dampfwagenbahnen *den* Vorzug, dafs die Triebstange den vordern Wagen hindert, aus den Schienen zu kommen. Aber sie schützt auch nur diesen einen Wagen, höchstens noch einigermaafsen den weiter folgenden. Der Vorzug ist also nicht grofs. Dagegen sind sie, so wie No. III., gegen No. V. im Nachtheil, wenn eine Achse oder ein Rad bricht (§. 78. *B.*). Bei den Übergängen des Triebkolbens aus einem Röhrenstück in das andere sind No. I. II. und IV., besonders No. I. II., gegen No. III., und noch mehr gegen No. V. *sehr* im Nachtheil (§. 78. *C.*). Der Vorzug vor No. I. II. und IV., dafs das *Zusammenstofsen* zweier Wagenzüge hier *unmöglich* ist, ist nur mehr scheinbar; und durch *dieselben* Mittel, die für No. I. II. und IV. an sich nothwendig sind, läfst sich das Zusammenstofsen auch bei allen andern Systemen vermeiden. Die atmosphärische Eisenbahn hat in diesem Punct keinen Vorzug vor den andern Systemen, und No. V. steht keinem nach (§. 78. *D.*). Der vordere Wagen von No. I. II. und III. ist zwar weniger complicirt als von No. IV. und V., dafür hat aber No. V. die nicht weniger complicirte Luftklappe und den Triebkolben der Triebröhre gar nicht und ist also auch hier nicht im Nachtheil (§. 78. *E.*). Endlich hat No. V. mit dem Dampfwagensystem den Vorzug gemein, dafs, wenn etwas während der Fahrt schadhaft wird und der Wagenzug deshalb stehen bleibt, nicht, wie bei den andern Systemen, *Pferde* abgeschickt werden müssen, um ihn weiter zu schaffen (§. 78. *F.*).

Siebentes. In Rücksicht der möglichen Ersparung an den Anlagekosten gegen die der Dampfwagenbahnen hat No. V. den Vortheil, dafs der *Unterbau* schwächer und wohlfeiler sein kann, beinahe ganz mit No. I. II. III. IV. gemein; doch verzehren bei diesen vier Systemen die Kosten der *Triebröhre* jene Ersparung vielfach (§. 79. *A.*). Dafs die Brücken in der Bahn, oder über die Bahn, mit dem Unterbau zugleich schwächer und wohlfeiler sein können, als in Dampfwagenbahnen, kommt allen 5 Systemen gleichmäfsig zu (§. 79.

B. a. und *b.*). Aber das zweite Schienenpaar läfst sich für No. I. II. III. und IV. eben so wenig und noch weniger ersparen, als für No. V. und für Dampfwagenbahnen (§. 79. *B. c.*). In Rücksicht der Ersparung, die daraus entsteht, dafs man bei allen fünf Systemen beliebig stärkere Gefälle gestatten darf, als für Dampfwagen, ist No. V. in sehr grofsem und entschiedenem Vortheil vor *allen* andern (§. 79. *C.*). Endlich, in Rücksicht der Ersparung an den Kosten, die unter Umständen durch kleinere Halbmesser der Krümmen erzielt werden können, sind No. I. II. und IV. nur in so geringem und zweifelhaftem Vortheil, dafs derselbe nicht in Betracht kommt, und No. V. kann durch dieselben Mittel, welcher zu diesem Zweck die Dampfwagenbahnen und die andern Systeme bedürfen, ebenfalls dieses Vortheils theilhaftig gemacht werden (§. 79. *D.*).

XXIII. Resultat.

82.

Die Summe hievon ist, dafs das System No. V., ***mit Luftwagen ohne Triebröhre***, nur in sehr wenigen und unbedeutenden Puncten den andern vier Systemen nachsteht, und den Dampfwagenbahnen fast in keinem, dafs dasselbe dagegen in vielen Puncten so grofse und entschiedene Vorzüge vor allen andern, auch vor den Dampfwagenbahnen besitzt, dafs meines Erachtens kein Bedenken sein kann, dasselbe für das ***beste von allen*** zu erklären, von welchen bis jetzt die Rede sein darf, und für dasjenige, durch welches, wenn man in äufserst schwierigen Fällen, nemlich in hohen Bergen, etwa noch No. II. zu Hülfe nehmen will, die Eisenbahnen erst allgemein und überall ausführbar und nutzbar zu machen sein dürften; dafs aber gegentheils dieses Ziel von den ***atmosphärischen*** Eisenbahnen durchaus nicht zu erwarten sei.

Ich weifs zwar sehr wohl, dafs alle die ***Berechnungen***, auf welche sich in einigen und selbst in den meisten Puncten dieses Endresultat stützt, so sicher auch die Principien sind, von welchen sie ausgehen, in der Praxis noch gar manche Modificationen werde erleiden müssen. Allein da wir einestheils überall, wie man bemerkt haben wird, keineswegs etwa zum Vortheil von No. V. gerechnet haben, sondern eher zum Nachtheil dieses Systems, und anderntheils die Differenzen, welche sich ergaben, so ***sehr grofs und bedeutend*** sind, dafs schwerlich ein Minus statt eines Plus wird gesetzt werden müssen: so ist wohl sehr zu zweifeln, dafs jemals auch die Praxis ein ***entgegengesetztes*** Endresultat ergeben werde.

Wir folgern hieraus, dafs es durchaus nicht rathsam sei, die so schätzbaren, eifrigen und kostbaren Bemühungen, die man jetzt so löblicherweise in der neusten Zeit auf die *Vervollkommnung* des Eisenbahnwesens wendet, etwa ausschliefslich auf das *atmosphärische* System zu richten, sondern dafs es viel besser gethan sein wird, wenn man sie auch dem System No. V. *mit Luftwagen ohne Triebröhre* zuwendet. Die Probekosten werden hier aufserdem *viel geringer* sein; denn es ist keine *besondere Eisenbahn* dazu zu bauen nöthig, wie eigentlich bei dem *atmosphärischen* System, sondern jede vorhandene Bahn ist zu den Proben geschickt. Es kommt einzig und allein darauf an, *Luftwagen* zu bauen, wozu sogar vorhandene Dampfwagen benutzt werden können, und dann diejenigen Vervollkommnungen dieser Luftwagen zu ermitteln, welche die *zweite* Art derselben gegen die *erste* gewähren dürfte. Gelingt der Versuch, woran zu zweifeln kaum ein Grund vorhanden sein möchte, so sind unabsehbare Vortheile gewonnen. Und Alles wird *nur gewinnen*, Niemand *verlieren*, selbst die Dampfwagenfabriken nicht; denn diese werden dann Luftwagen, Luftpumpen und stehende Dampfmaschinen statt der Dampfwagen zu bauen haben; auch nicht die Brennstoffhändler; denn der Brennstoff wird doch immer meistens zu den stehenden Maschinen verlangt werden. Der Gewinn für die Eisenbahnen selbst, und also für das Gemeine-Beste, würde aber wie gesagt unabsehbar sein, sowohl in Ersparung der Anlagekosten in den schwierigen Fällen, als durch Entfernung des Feuers von der Bahn, und weil dann erst die Eisenbahnen *allgemein* ohne unerschwingliche Kosten ausführbar sein würden. Verfährt man anders, beharrt man bei den *Dampfwagenbahnen*, oder in dem Hülfesuchen bei den *atmosphärischen* Bahnen, so wird man Millionen weggeben, welche man, wenn dann endlich einmal vielleicht doch das Rechte und Bessere sich Platz machen sollte, bitter bereuen wird.

Dieses Endresultat möglichst anschaulich zu machen und nach besten Kräften zu begründen, ist der Zweck der hier vorliegenden Arbeit des Verfassers, die in der That nicht wenig mühsam und beschwerlich war und ihm langes Nachdenken und viele Vorarbeiten gekostet hat. Für sich hat er nur den einen Wunsch, zu erfahren, dafs man sie nicht unbeachtet gelassen habe.

Berlin, im Januar 1845.

18.

Einige Nachrichten von den Entwürfen zu einem Schiffahrts-Canal durch die Land-Enge von Panama.

(Fortsetzung des Aufsatzes No. 12. im vorigen Heft.)

Vierte Übergangsstelle bei Panama. Taf. IX. Fig. 2.

Das Land um Panama, und weiter zurück bis an das Atlantische Meer, ist im allgemeinen eine *Ebene,* auf welcher viele Hügel stehen; theils vereinzelt, theils in Gruppen, zwischen denen sich wohlbewachsene Thäler hindurch krümmen, oder auch unbeholzte Savannen oder Prairien. Die Hügel sind nur selten 320 bis 480 F. über ihrem Fufse hoch. Zwischen Chagres an dem einen und der Bai Chorrera, $2\frac{1}{2}$ Meilen von Panama, an dem andern Meere sind die Hügel noch seltener und von noch geringerer Höhe. Einige einzelne Bergkuppen ausgenommen, ist das Land hier fast eben. Diesen Eindruck hat es auf mehrere Seefahrer gemacht, welche diese Küsten beschifften. Die Wasserläufe sind zahlreich. Diejenigen nach dem Atlantischen Meere hin vereinigen sich von Norden und Süden und bilden den Chagresflufs, welcher in den Hafen gleiches Namens ausströmt und der nach dem Bericht des Commandanten *Garnier,* von der französischen Flotte, 18 bis 22 F. und selbst noch tiefer ist, so weit Ebbe und Flut darin merkbar ist, besonders bis zur Einmündung des Trinidadflusses in ihn. Der Lauf des Flusses bildet im allgemeinen einen Halbkreis, dessen Sehne nördlich liegt. Vom Anfange fliefst er südöstlich, biegt sich dann allmälig und strömt zuletzt in nordwestlicher Richtung in das Meer. Er ist bis Cruces für grofse Piroguen schiffbar, also bis auf drei Fünftheile der Land-Enge vom Atlantischen Meere her, und auf fast 11 Meilen lang vom Ufer ab. Der bedeutendste seiner Nebenflüsse ist der Trinidad, welcher, 3 Meilen von der Mündung entfernt, in den Chagresflufs fällt und demselben viel Wasser zuführt; dieser Flufs ist ebenfalls noch weit hinauf schiffbar. Seit langer Zeit geschieht der Waarentransport von einem zum andern Meere zunächst in Piroguen, welche von Chagres bis Gorgona, oder noch lieber bis Cruces

hinauffahren, und von da werden Wagen und Personen durch Maul-Esel die übrigen 3 bis 4 Meilen bis Panama geschafft. Nach dem Stillen Meere hin sind die Wasserläufe mehr vereinzelt. Einer dieser Flüsse, der Caimito, welcher sich in die Bai Correra ergiefst und welcher weiter oberhalb Quebra-grande heifst, entspringt nahe beim Trinidadflusse. Ein anderer Flufs, der Rio-grande, welcher in die Bai von Panama ausmündet, würde bei einer Wasserstrafse zwischen den beiden Meeren ebenfalls in Betracht kommen. Auch ist noch der Farfan- oder Falfanflufs zu bemerken, welcher nahe bei dem vorigen ausmündet.

Schon seit langer Zeit ist man auf die Leichtigkeit der Verbindung der beiden Meere in der Gegend von Panama aufmerksam gewesen. Beim ersten Beginn der Colonisation von America war hier eine lebhafte Strafse. Hier begab sich Franz Pizarro, nach seiner Rückkunft von Europa, mit seinem kleinen Heere auf Cortez Antrieb hindurch, um Perù zu erobern, dessen Küste er bei seiner ersten Reise gesehen hatte.

Kaum hatte Bolivar Columbien befreit und zu Ayacucho die Unabhängigkeit von Perù gesichert, dessen Patrioten seine Hülfe angerufen hatten, als sich seine Aufmerksamkeit auf die Land-Enge von Panama lenkte, die zu den Republiken gehörte, deren Zukunft dieser grofse Mann lenkte. Ein Englischer Ingenieur, Herr *Lloyd,* wurde von ihm im November 1827 beauftragt, die Land-Enge zu untersuchen und die beste Linie zu einer Stein-Chaussée oder zu einem Canal auszumitteln. Herr *Lloyd* kam im März 1828 zu Panama an und vereinigte sich dort mit Herrn *Falmarc,* einem Schwedischen Ingenieur in Columbischem Dienst. Diese beiden Ingenieurs glaubten, um ihren Auftrag zu erfüllen und zunächst die Höhe der beiden Meere gegen einander zu bestimmen, nichts besseres thun zu können, als der alten Strafse von Panama nach Porto-Belo bis zum Chagresflusse zu folgen, welcher sich, wie wir gesagt haben, in den Atlantischen Ocean ergiefst, und dann diesen Flufs bis zu dem Hafen von Chagres hinabzugehen. Dies war ein Weg von etwa 20 Meilen, zwischen zwei Orten, die nach der Carte des Herrn *Lloyd* in gerader Linie nur etwa 8¾ Meilen von einander entfernt sind. Es läfst sich die Wahl dieser Linie nur durch die Absicht erklären, die Strafse der früher berühmten Stadt Porto-Belo zuzuführen. Diese Stadt liegt auf der Land-Enge beinahe Panama gegenüber; aber es war gar nicht wahrscheinlich, in dieser Richtung eine besondere Senkung der Wasserscheide zu finden. Auch geht aus dem Bericht des Herrn *Lloyd,* der in die Philosophical Transactions

vom Jahre 1830 aufgenommen ist, hervor, dafs das Land zwischen Panama und Porto-Belo immer bergiger wird, je näher man dieser letztern Stadt kommt, und dafs ein Canal in dieser Richtung unausführbar ist.

Die Wasserscheide zwischen Panama und dem Chagresflufs fand man zu Maria Henrique, 5775 R. von Panama entfernt. Die Höhe dieses zum erstenmal *gemessenen* Punctes auf der Land-Enge von Panama ist 625¾ F. über dem mittleren Meerwasserstand zu Panama und 629¼ F. über demjenigen des Atlantischen Meeres bei Chagres. Das Stille Meer stände also etwa 3½ F. höher als das Atlantische. Durch einen Einschnitt, wie er öfter vorkommt, würde sich die Scheitelstrecke bis auf 573½ F. über dem Atlantischen Meer senken lassen.

Nach den Messungen des Herrn *Lloyd* wäre der Unterschied des Wasserstandes der beiden Meere von 3½ F. hier etwa nur der *achte Theil* desjenigen des Rothen Meeres bei Suez und des Mittelländischen Meeres am Ausflusse des Nil. Zu Panama wäre zwei Tage nach dem Vollmonde der Unterschied der Höhe von Ebbe und Flut 20¼ F., stiege aber bei gewissen Winden und unter andern einwirkenden Umständen auch bis zu 26¼ F. Zu Chagres wäre der Unterschied der Höhe von Ebbe und Flut nur etwa 1 F. Die Flut erscheint in beiden Meeren um dieselbe Zeit. In der Regel würde also bei der Flut das Meer bei Panama etwa 13 F. höher stehen als bei Chagres, und bei der Ebbe 6¼ F. niedriger, im Durchschnitt, wie oben gesagt, etwa 3½ F. höher. Ebbe und Flut sind also hier in den beiden Meeren sehr verschieden. Dies kommt, wie bekannt, hie und da selbst schon von einem Hafen zum andern vor. Auf der Küste von Nord-America beträgt der Unterschied der Höhe von Ebbe und Flut südlich von New-York 4¾ bis 6¼ F.; weiter nordwärts nimmt die Höhe allmälig zu; sie beträgt zu Boston 11 F., an der Küste von Neu-Schottland und Neu-Braunschweig in der Bai von Fundy 32, 48 und wie man sagt selbst bis 64 F. Zu Brest beträgt sie 22⅓ F., zu St. Malo 41½, zu Granville 44⅔ F. Aber Herr *Lloyd* hat die Fluthöhe über der Ebbe zu grofs angegeben. Nach den neusten Beobachtungen bei der Expedition der Danaïde in das Süd-Meer, welche der Capitain *Jos. de Rosamel* befehligte, beträgt sie, wenn sie am stärksten ist, nur 16 F., und gewöhnlich nur 10¼ F.

Herr *Lloyd* sagt nichts über die Möglichkeit, der Scheitelstrecke eines Canals bei Maria Henrique Wasser zuzuführen. Es ist aus seinem Bericht klar, dafs er beabsichtigte, seine Untersuchungen noch *fortzusetzen;* was ihm allerdings nothwendig schien; aber nachdem er im Laufe zweier Jahre dort

gewesen war, freilich nur vom 5ten Mai bis 30ten Juni und vom 7ten Februar bis Ende April, kehrte er nach England zurück, sei es aus Furcht vor dem dortigen, den Europäern, die nicht daran gewöhnt sind, so gefährlichen Clima, oder aus andern Gründen. Die Herren ***Lloyd*** und ***Falmarc*** begannen ihre Arbeiten am 5ten Mai 1828, obgleich schon die Regenzeit angefangen hatte. Ihr Nivellement ging von der Strafse Sal-si-Puede der Stadt Panama aus, welche an das Meer stöfst, und an der Stelle des Ufers, welche Playa-prieta heifst. 9760 R. von Panama gelangten sie an den Chagresflufs. Nachdem sie von Panama aus 625¾ F. in die Höhe gestiegen waren, stiegen sie nach dem Chagresflufs wieder 158½ F. hinab. Das war die Höhe des Chagresflusses am 7ten Febr. 1829. Von hier bis Cruces fanden sie die Länge des Flusses 8249 R. und sein Gefälle 111½ F. Von Cruces bis zur Mündung waren noch 21 770 R., das Gefälle aber war nur 50⅔ F. Von Braya ab, 4780 R. von der Mündung entfernt, hat der Flufs kein Gefälle mehr. Aus dem von Herrn ***Lloyd*** gezeichneten Profil sieht man, dafs der Boden zwischen Panama und dem Chagresflufs, in der Richtung, welcher er folgte, flach gewölbt ist und sich an beiden Seiten, nicht ohne einige abwechselnde Senkung, allmälig erhebt, statt, wie ihn Herr ***Bailey*** auf der Landzunge zwischen dem Nicaragua-See und dem Stillen Meer gefunden hat, einen scharf emporsteigenden Rücken zu bilden, der sich mit einem nicht sehr langen Tunnel durchbrechen läfst, ohne den gröfsern Theil der Höhe allmälig ersteigen zu dürfen. [Es mufs hier in den Zahlen ein Druckfehler sein; wenn man sie vergleicht, stimmen sie wenig zusammen. Es heifst im Original, Herr ***Lloyd*** sei von Panama bis Maria-Henrique 196,39 Metres hinaufgestiegen. Von hier sei er bis an den Flufs 49,76 M. hinabgestiegen; der Flufs habe bis Cruces 34,95 M. und von da bis zum Meere 15,88 M. Gefälle. Dieses Hinabsteigen macht zusammen nur 100,69 M.; der Unterschied vom Hinaufsteigen würde also 95,7 Metres betragen, während der Unterschied der Höhe der beiden Meere nach der Angabe weiter oben nur 1,07 bis 4,13 Meter sein soll. Wahrscheinlich soll es wohl 149,76 statt 49,76 Meter heifsen. Dann würde die Rechnung ungefähr stimmen. Man wäre also von Maria-Henrique bis zum Flusse nicht 158½ F., sondern 477 F. hoch hinabgestiegen; was auch wohl wahrscheinlich ist; denn 111⅓ F. Gefälle des Flusses oberhalb Cruces, auf 8249 Ruthen lang, ist schon ungemein viel. D. H.]

Angenommen, dafs sich zureichendes Wasser in die Scheitelstrecke bei Maria-Henrique bringen lasse, würden, wenn man hoch spannende Schleusen annimmt, die gesammten Gefälle noch nichts Ungewöhnliches sein. Der Scheitel-

punct liefse sich recht gut bis auf 573½ F. hoch über dem Atlantischen Meer, also bis auf 570 F. hoch über dem Stillen Meer senken, und dieses Gefälle, von zusammen 1143½ F., ist nur etwas über zwei Drittheil dessen des Canals von Burgund, und viel weniger als die Hälfte des schon halb ausgeführten Canals von Chesapeake nach dem Ohio, dessen Gefälle und Gegengefälle zusammen 3068 F. beträgt.

Wie unvollständig auch die Arbeiten der Herren ***Lloyd*** und ***Falmarc*** sein mögen, und obgleich sie ihr Nivellement, wie Herr ***Lloyd*** eingesteht, nicht *wiederholt* haben, so kann man doch mit Sicherheit schliefsen, dafs, wie man es auch schon wufste, die Wasserscheide der Landzunge bei Panama sich sehr hinabsenkt; so wie, dafs dieses noch weit mehr in andern Richtungen als der über Maria-Henrique der Fall ist. Denn Herr ***Lloyd***, welcher die Gegend gut durchforscht zu haben scheint, schliefst seinen Bericht damit, für eine ***Eisenbahn*** von einem Meere zum andern zwei Linien anzugeben, welche wenig von der geraden Richtung zwischen Panama und Chagres abweichen. Die beiden Linien sind fast nur darin verschieden, dafs die eine nach Panama selbst, die andere nach der Bai von Chorrera geht. Statt bis Chagres gehen sie bis zum Einflufs des Trinidad in den Chagresflufs, welcher letztere bis dahin für grofse Schiffe fahrbar ist. Eine Wasserstrafse, meint Herr ***Lloyd***, würde sich *vielleicht* am besten erlangen lassen, wenn man erst den Trinidadflufs hinaufstiege und dann nach einem der Flüsse zu gelangen suchte, die sich in das Stille Meer ergiefsen. Herr ***Lloyd*** hat übrigens keinen Canal für ***Seeschiffe*** im Sinne; und was ihn hier entschuldigt, ist, dafs ihm die Ausmittlung eines solchen Canals nicht aufgetragen war.

Zehn Jahre lang nach diesen Untersuchungen der Gegend durch die Herren ***Lloyd*** und ***Falmarc*** geschah dazu nichts weiter. Die Zeit verging in vergeblichen Versuchen, Geldgesellschaften zur Ausführung des Unternehmens zu finden. Endlich sendete die französisch-granadische Gesellschaft, welche in der neuern Zeit das Privilegium einer Strafsen-Verbindung der beiden Meere erhalten hat und es auch wohl noch besitzt, von Guadeloupe aus, wo ihre Französischen Chefs, die Herren ***Salomon***, sich befinden, einen Ingenieur, den Herrn ***Morel*** ab, um die örtliche Untersuchung da wieder aufzunehmen, wo die beiden von ***Bolivar*** beauftragten Ingenieure sie gelassen hatten. Herr ***Morel*** suchte eine Canallinie ein wenig mittäglich von der geraden Richtung von Chagres nach Panama, und zwar von dem Zusammenflufs des Trinidad und Chagres ausgehend.

Der Bernardino, einer der in den Caïmito sich ergiefsenden Flüsse, entsteht aus der Vereinigung zweier Bäche, deren einer den Namen Bernardino behält, der andere Yequas heifst. Die verschiedenen Canallinien, welche Herr *Morel* vorschlägt, weichen nur darin von einander ab, dafs sie sich nach dem einen oder dem andern der beiden Bäche hinwenden und theils rechts, theils links einem kleinen Berge zwischen denselben ausweichen. Das Land zwischen dem Trinidad und dem Chagresflusse ist sumpfig, und es finden sich dort stehende Gewässer, welche wirkliche Seen sind, unter denen der Vino-tinto mehr als eine halbe Meile im Durchmesser hat. Herr *Morel* wollte anfangs durch den Vino-tinto hindurchgehen, um nach den Quellen des Yequas zu gelangen. Von da sollte sich der Canal, nachdem er eine Strecke lang neben dem Bernardino hinlief, durch andere Sümpfe hindurch nach dem Farfan- oder Falfanflufs wenden, der in den Rio-grande fliefst, und der letztere gelangt bis Panama. Eine andere, noch neuere Richtung des Herrn *Morel* geht von dem Zusammenflufs des Trinidad und Chagresflufs aus und läfst den See Vino-tinto rechts, um einen andern, nicht benannten See zu durchschneiden. Das dortige Land ist noch so wenig durchforscht, dafs es Berge, Flüsse und Seen giebt, welche noch keinen Namen haben. Weiter sollte der Canal längs dem Lyrio fortgehen, der in dem Caño Quebrado fliefst, welcher seinerseits sich oberhalb des Trinidad in den Chagresflufs ergiefst; und nun sollte der Canal in gerader Linie nach den Quellen des Bernardino sich wenden, welchem man dann bis auf 1327 R. lang von der Bay Chorrera folgen wollte. Von hier ab wollte man sich links wenden, um die Hügel von Cabra zu umgehen, welche auf der Carte des Herrn *Morel* die Hügel von Biqué heifsen. Am Fufse derselben sollte der Canal den Farfanflufs und durch ihn den Rio-grande erreichen.

In der einen und der andern Richtung würde nach der Versicherung des Herrn *Morel* eine sehr niedrige Scheitelstrecke zu erlangen sein. Zwischen dem See Vino-tinto und dem Yequas würde dieselbe nach des Herrn *Morel* Angabe nur etwa 36 F. hoch über dem mittleren Wasserstande des Meeres bei Panama liegen, in der Richtung von dem Zusammenflufs des Trinidad und des Chagresflusses nach dem Bernardino nur 34 F. Ist dies richtig, so dürfte das Meer nur auf die Höhe eines mittelmäfsigen Hauses sich erheben, um von einem Meer nach dem andern zu fliefsen und die beiden Americas zu Inseln zu machen. Und da nun Einschnitte von 48 bis 50, selbst bis 64 F. tief, gewöhnlich sind, so würde sich ein selbst 22½ F. tiefer Canal ohne un-

gewöhnliche Arbeiten herstellen lassen, der dann, selbst noch bei der Ebbe, sein Wasser blofs aus dem Meere erhielte. Das wäre dann ein völlig *natürlicher* Durchgangs-Canal. Aber in dem sumpfigen Boden auf der Canallinie würde es auch wohl nicht an Wasser fehlen, um den Canal ohne die Hülfe des Meeres zu speisen. Es würde dazu hier nur wenig Wasser nöthig sein, da das Verseigen des Wassers in den Boden, welches in Canälen gewöhnlich der gröfste Theil des Verlustes an Wasser ist, hier in dem niedrigen und sumpfigen Boden nicht Statt findet.

Die Länge des Canals in der zuletzt von Herrn *Morel* vorgeschlagenen Linie, die, der Vorschrift der vom Congrefs zu Neu-Granada bewilligten Concession gemäfs, weder an dem Farfan noch an dem Rio-grande aufhört, sondern bis in die Stadt Panama und bis zu der Playa Prieta geht, würde nur 20018 R. betragen, wovon die Schiffahrt im Strombrett des Chagres 6903 R. lang nach dem Atlantischen Meer und 7434 R. lang nach dem Stillen Meere zu abgeht.

Möglicherweise kann Herr *Morel* sich geirrt und unrichtig gemessen haben. Nach den ersten allgemeinen Messungen eines geschickten Ingenieurs, welchen die Regierung gesendet hatte, läge die Wasserscheide mehr denn 300 F. höher, als Herr *Morel* sie findet, nemlich etwa 380 F. hoch über dem Meere. Das Resultat des Herrn *Morel* wäre wunderbar und über alle Erwartung glücklich. Man könnte jedenfalls auf der Wasserscheide einen sehr tiefen Einschnitt machen, etwa von 160 F., um die Zahl der Schleusen zu vermindern, die Speisung des Canals zu erleichtern und den Verbrauch des Wassers zu beschränken. Trifft man nicht etwa auf sehr harte Felsen, oder, was noch übler wäre, auf Triebsand, oder ist nicht etwa die Wasserscheide für einen sehr tiefen Einschnitt gar zu lang, so würde der Canal für die jetzigen, wie schon oben bemerkt, sehr vervollkommneten Ausführungsmittel keine unverhältnifsmäfsigen Schwierigkeiten haben. Die 350 F. mehrere Höhe würden die Kosten nur um 9 bis 10 Millionen Thaler erhöhen. Auf dem Caledonischen Canal hat man 23 Schleusen für ein Gefälle und Gegengefälle von 179 F. bauen müssen. Für die hiesigen 380 F. würden also etwa 50 Schleusen nöthig sein, die nach Brester Preisen etwa 5½ Millionen Thaler kosten würden. [Aber wenn die Messungen so ungenau sind, dafs man Ursach hat, statt 10 und 11 Meter Höhe 120 Meter anzunehmen, so sind auch wohl alle übrigen Angaben sehr zweifelhaft und das ganze Resultat ist wohl noch sehr unsicher. D. H.]

Für eine Verbindung zweier Meere kommt es, wie wir erinnert haben, ebensowohl auf gute Eingangshäfen an den Enden des Canals an, als auf einen günstigen Boden für den Canal selbst, in welchem der Durchschnitt nicht gar zu lang wird, der Canal keine Berge trifft und Wasser zur Speisung zu finden ist. Fehlen die ***Häfen,*** so ist alles Übrige, so günstig es auch sein mag, nicht hinreichend. Es fragt sich nun, ob es zu Chagres und zu Panama Häfen gebe, die zur Aufnahme, sowohl der Schiffe, welche auf dem Canal ankommen, als derer vom Meer her geeignet sind.

Der Hafen von Chagres wird durch den Flufs dieses Namens gebildet. Auf der Barre dieses Flusses stehen nach dem Capitain ***Garnier,*** Commandanten der Brigg ***Laurier*** von der französischen Flotte, 14½ F. Wasser, und unter günstigen Umständen können Schiffe, welche 12¾ F. tief gehen, die Barre passiren. Bei starkem Winde ist die Sandbank fast nicht fahrbar. Man flüchtet sich dann in die Bai von Limon, 1600 bis 1800 Ruthen östlich von Chagres. Herr ***Lloyd*** schätzt die Entfernung der Bai nur auf 1275 R. Unter dem Sande der Barre liegt weicher Kalkstein, welcher sich in der Mitte der Barre erhebt und die Bank von Laja bildet, die dann die Mündung des Flusses spaltet. Diese Bank, auf eine Kabellänge von der Landspitze, auf welcher das Fort Lorenzo liegt, macht die Einfahrt in den Hafen gefährlich. Denn wenn man die Landspitze umfährt, so versagt oft der Wind und der Strom reifst die Schiffe in die Brandung. Die Bank von Laja würde sich sprengen lassen, so dafs dann die Einfahrt erweitert würde. Es ist selbst zu hoffen, dafs man dadurch mehr Wassertiefe gewinnen könne, überall wo auf dem Felsen der Sand oder Schlamm nicht sehr hoch liegt. Aber das Wegschaffen der Bank würde die Barre selbst noch nicht entfernen. Die Ursach der Ablagerung des Sandes an der Mündung bleibt, und es könnte also sein, dafs die Barre durch das Sprengen der Bank und selbst durch alles Baggern nicht wegzuschaffen wäre, weil jeder Sturm sie wieder anschwemmen kann. Dann aber würde auch der Hafen von Chagres, so wie er jetzt ist, den Schiffen gegen die Nordwinde nicht hinreichenden Schutz gewähren. Glücklicherweise findet sich ganz in der Nähe die Bai von Limon, woselbst Linienschiffe ankern können und zwischen welcher und dem Chagresflufs nur eine sandige Ebene liegt, durch welche sich sehr leicht ein Canal graben läfst. Es würde dann nur einer Mole in der Bai bedürfen, um die Schiffe zu schützen. Diese Bai würde alsdann ein sehr sicherer und geräumiger Hafen sein.

Einmal im Flufs, finden die Schiffe unter dem Fort San Lorenzo, wel-

den Ort Chagres beherrscht, 17½ bis 23½ F. Wasser und eine ungefähr gleiche Tiefe in dem Canal, wenigstens bis zum Trinidad. Im Meere nimmt die Tiefe schnell zu. Auf 480 R. von der Barre beträgt sie schon 54 F.

Am Atlantischen Meer verhält sich daher Alles nach Wunsch. Am Stillen Meere findet sich zunächst der Hafen von Panama, der aber nur mehr eine Rhede oder Bai ist; denn er ist ein offener Raum, in welchem mehrere schöne Inseln liegen. Nirgends können dort Schiffe landen; die Tiefe nimmt nur allmälig zu, und erst 500 R. vom Ufer beträgt sie 19 F. Die Schiffe legen sich, um geschützt zu sein, an die Inseln Lleñao, Perico und Flamingo, welche eine halbe Meile von der Südseite der Stadt entfernt sind. Von da werden die Ladungen in Piroguen nach der Stadt gesendet.

Der Rio-grande, durch welchen, wie einstweilen anzunehmen, der Canal in das Meer gelangen würde, hat auf seiner Barre sehr wenig Tiefe. Bei der Ebbe beträgt dieselbe nur 3 bis 6 F., und nur erst in einiger Entfernung ins Meer hinein würde eine Kriegs-Corvette oder ein transatlantisches Paketboot, von der Gröfse, wie sie jetzt gebaut werden, ankern können. Jedoch liegt längs des Strandes unter dem Schlamm in geringer Tiefe Korallenkalk, welcher sich leicht unter Wasser sprengen liefse. Auch liefsen sich die drei Inseln, gegen welche sich jetzt die Schiffe legen, benutzen, um durch Molen nach der Barre hin, die allerdings kostbar sein würden, einen guten Hafen zu bilden, mit bequemen Zugängen nach dem Meere und nach dem Lande hin.

Es wäre zu untersuchen, ob sich nicht in der Bai von Chorrera noch leichter als bei Panama ein tiefer und sicherer Ankerplatz bereiten liefse, mit bequemen Zugängen nach dem Lande hin, und ob es also nicht rathsam sei, dahin entweder mittels des Caïmitoflusses, oder, um die Sandbank dieses Flusses im Meere zu vermeiden, quer durch den Strand den Canal zu leiten.

Insofern sich aus den unzureichenden Nachrichten, die bis jetzt über diesen Gegenstand nach Europa gelangt sind, urtheilen läfst, dürften die Kosten, um die angemessenen Häfen an den beiden Enden des Canals bei Chagres und bei Panama herzustellen, ungefähr denen des Canals selbst gleich kommen.

Panama gilt für einen gesunden, Chagres dagegen für einen sehr ungesunden Ort. Der Name Chagres fängt an in Europa sehr bekannt zu werden. Was die Französische und die Englische Regierung darüber bekannt gemacht haben, hat ihm eine Art von Berühmtheit gegeben. Der Ort besteht indessen nur aus einigen, auf dem morastigen Ufer zerstreuten Hütten; und aus welchen Hütten! nicht den niedlichen Wohnungen aus Backsteinen, mit

Kalk angestrichen, in den Dörfern auf der Mexicanischen Hoch-Ebene ähnlich, sondern den elenden Arabischen Hütten in der Ebene Metidja bei Algier; aus Schilf und Palmblättern zusammengesetzt. Darin wohnen 350 bis 400 menschliche Wesen, von Allem entblöfst, ohne alle Civilisation und von Wechselfiebern und dem Aussatze verzehrt. Das Fort San Lorenzo, welches den Ort beherrscht, ist eine elende Redoute, welche der Capitain des „Laurier" von 8 Miliz-Soldaten besetzt fand; die weder Canonen noch Pulver, selbst nicht einmal eine Fahne hatten, um dem Schiffe von fern her anzuzeigen, zu welchem Volke sie kämen. Alle mir bekannten Reisebeschreibungen schildern Chagres als einen verpesteten Ort, der eben so scheufslich anzusehen, als gefährlich zu bewachen sei. Indessen ist es wahrscheinlich, dafs sich die Ungesundheit dieses Orts durch angemessene Maafsregeln dürfte vermindern lassen. Am besten würde es vielleicht sein, den Ort nach dem linken Ufer des Flusses, nach der Landspitze Arenas zu verlegen, welche viel luftiger ist. Dort würde man den Seewind haben, welchen jetzt der Hügel mit dem Fort deckt. Der niedrige Raum, welchen jetzt Chagres einnimmt, könnte zur Vergröfserung des Hafens benutzt werden. Führt man aber den Canal nach der Bai Limon, so würde sich dort eine Stadt erheben und Chagres würde verlassen werden.

Die Landzunge selbst, in der Gegend von Panama, ist nur wenig bevölkert und die Einwohner sind wenig zur Arbeit geneigt. Über die Zahl der Arbeiter, welche sich unter Einwirkung der Regierung von Grenada dort aufbringen lassen dürften, sind die Nachrichten sehr widersprechend. Wahrscheinlich würden Maurer, Steinsprenger, und selbst auch andere Arbeiter aus Europa geholt werden müssen. Wollten auch die Eingebornen arbeiten, so verstehen sie es nicht. Sie haben nie Gelegenheit gehabt, gröfsere Erd-Arbeiten und noch weniger Felsensprengungen unter dem Wasser selbst zu machen, oder auch genauer zu sehen. [Dafs aber nicht auch die Ungeschicktesten das Grabscheit zu handhaben lernen sollten, ist doch wohl wenig wahrscheinlich. D. H.] Andrerseits wäre mit der Anwerbung von Leuten in Europa eine ungeheure Verantwortlichkeit verbunden. Das Clima von Panama ist gefährlich, für Jeden, welcher nicht in demselben geboren oder daran gewöhnt ist; es ist tödtlich, sich dort der Sonnenhitze auszusetzen, oder die Dünste der Sümpfe oder der frisch aufgegrabenen Erde einzuathmen. Man würde für die Unterbringung der Arbeiter zu sorgen haben, man würde ihnen Regeln zu ihrer Erhaltung geben und, was schwieriger ist, sie bewegen müssen, diese Regeln zu beobachten und den Versuchungen zu widerstehen, welche sich

dort in reichlichem Maafse finden. Während der Regenzeit, vom Mai bis in den October, würde die Arbeit unter freiem Himmel 6 Monate lang ganz unterbrochen sein. Womit sollte man dann in dieser Zeit die Menge beschäftigen und wodurch sie gegen die Gefahren des Müfsigganges wahren. [Möchte doch nur ein ganz kleiner Theil dieser menschlichen Gesinnungen auch den armen Negern zu Theil werden, welche man von Africa nach Climaten versetzt, die ihnen ebenfalls tödtlich sind! sie sind ganz ebensowohl Menschen, als die Europäer. D. H.]

Alles dieses aber macht das Werk nicht unmöglich; es sind nur Schwierigkeiten, die sich mit Einsicht und festem Willen überwinden lassen. Es wäre hier nicht am Ort, auch nur oberflächlich angeben zu wollen, was zu thun sei, um die nöthigen Arbeiter zur Stelle zu schaffen, und zu verhindern, dafs die Ausführung des Verbindungscanals der beiden Meere nicht Tausenden von Menschen das Leben koste. Aber ich sage es, blofs um anzudeuten, dafs nach meiner Meinung das Werk nicht unausführbar sei; es scheint mir, dafs Leute, vorher dazu eingeübt, unter militairischer Zucht, gewöhnt daran, sich in unvorhergesehenen Fällen selbst zu helfen, Leute, mit einem Wort, wie in unserm bewundernswürdigen Genie-Corps, in Masse dorthin gebracht, unter ihren braven und umsichtigen Anführern, zu welchen sie volles Vertrauen haben, das Werk wohl zu Stande bringen und den Gefahren der tropischen Gegend, so grofs sie auch sein und so verführerisch das Land auch sein mag, wohl trotzen würden. Dazu würde man sich wahrscheinlich entschliefsen müssen. [Eine solche Maafsregel scheint in der That vollkommen angemessen und die *allein* richtige. D. H.] Nichts wäre leichter; besonders wenn die beiden gröfsten Seemächte von Europa sich zu der Ausführung vereinigten. [Möchte das nur möglich sein!] Die Land-Enge bei Panama würde nicht so alle nöthigen Lebensmittel im Überflufs darbieten, wie die Gegend um den See Nicaragua. Man müfste gesunde Lebensmittel für das Lager der Arbeiter herbeiführen.

Weiter östlich von dem Durchgange von Panama nach Chagres folgt die Mandinga-Bai (Taf. VIII.), wo die Land-Enge, wie wir es schon gesagt haben, *am schmalsten* ist und wo nach Herrn *Lloyd* sich ebenfalls ein Thal quer hindurch von einem Meere zum andern findet, in welchem ein Canal möglich sein würde. Dieses Thal ist aber, wie es scheint, noch nie nivellirt worden. Das Land ist hier noch zu erforschen, und kaum hat noch ein Europäer es betreten. Herr *Wheelwright* sagt, dafs es von Indianern bewohnt werde, die noch keine andere Regierung anerkennen, als die ihrer Caziken. Er selbst, als er, nachdem er die Küste bereiset

hatte, in das Innere zu gehen wünschte, konnte dazu von diesen mifstrauischen Häuptlingen nicht die Erlaubnifs erlangen. Das war im Jahr 1829: ist seitdem etwa ein Anderer glücklicher gewesen, so ist wenigstens kein Bericht davon öffentlich bekannt geworden. Man weifs selbst noch nicht einmal, ob in der Gegend des Durchganges einander gegenüber taugliche Häfen sich finden.

Westlich von dem Durchgange bei Panama findet sich in der Provinz Veragua noch eine Stelle, die in Betracht kommt. Bei Boca del Toro, 33 Meilen westlich von Chagres (Taf. VIII.), ist nemlich an der Atlantischen Küste ein für die gröfsten Schiffe trefflicher und sicherer Ankerplatz. Er berührt die weite Bai von Chiriqui. Gegenüber Boca del Toro ergiefst sich ein schiffbarer Flufs in das Stille Meer. Er heifst Chiriqui, insoweit die Flüsse in diesem noch wilden Lande Namen haben, und nach der Versicherung des Herrn *Wheelwright* gewährt die Mündung dieses Flusses ebenfalls einen vortrefflichen Hafen; er nennt ihn den Hafen von Chiriqui oder Cherokee. Der Flufs ist für Schiffe von 100 Tonnen fahrbar und man findet, ins Land hineingehend, eine von Herrn *Wheelwright* genau beschriebene *Steinkohlengegend*. Dieses *Steinkohlenlager* ist von Herrn *Salomon* bemerkt worden, welcher sich, wenigstens auf einen Theil desselben, Eigenthumsrechte erworben zu haben scheint. Herr *Wheelwright* hat dort in der Gegend der Stadt St. David de Chiriqui, die etwa 3½ Meilen vom Stillen Meere und 8½ Meilen von Boca del Toro entfernt liegt, einige oberflächliche Beobachtungen angestellt. Die Land-Enge wäre also hier 12 Meilen breit. Nach den auf einem der Dampfschiffe der Schiffahrts-Gesellschaft für das Stille Meer angestellten Versuchen sind die dortigen Kohlen, welche man obenauf ausgegraben hatte, von geringerer Güte, als die von New-Castle, in dem Verhältnifs von 13 zu 18; aber daraus folgt noch nichts für die Güte der Kohlen in der Tiefe. Das Vorhandensein eines Steinkohlenlagers auf der Land-Enge ist jedenfalls eine wichtige Thatsache. Das Kohlenlager scheint sich quer durch die Land-Enge zu erstrecken, denn man findet Kohlen an der Mündung des Chiriqui, und Herr *Wheelwright* erhielt auch zu Boca del Toro Kohlenstücke. Diese Stelle in der Land-Enge hätte also einen zwiefachen Vorzug: zwei gute Häfen einander gegenüber, und ein Steinkohlenlager in der ganzen Linie des Durchganges. Sollte auch noch die Wasserscheide hier niedrig sein, so würde diese Stelle vielleicht von allen die beste sein. Aber für die Senkung der Wasserscheide ist hier wenig zu hoffen. In der Provinz Veragua bildet die Gebirgskette eine Hoch-Ebene, welche den Namen Mesa (Tisch) führt, und es ist wenig wahrscheinlich, dafs in dieser Ebene ein

Durchgang sich finde, der tief genug für einen Canal wäre. Indessen ist jedenfalls das dortige Kohlenlager ein Schatz, von welchem sich für den Durchgang bei Panama oder anderswo Vortheil ziehen läfst.

Fünfte Durchgangsstelle, bei der Land-Enge von Darien (Taf. VIII.).

Wir haben noch von dieser Durchgangsstelle zu sprechen, von welcher man sich einen Augenblick die besten Hoffnungen gemacht hatte. Die Land-Enge von Darien senkt sich in der That sehr hinab. Auf der mittäglichen Seite erheben sich die Berge plötzlich, und die Anden von Süd-America erscheinen in aller ihrer Erhabenheit und ungemein schroff in der unmittelbaren Nähe der unterbrochenen Cordilleren von Quindiu und Choco. Selbst den sonst so sichern Maulthieren kann man sich nicht mehr anvertrauen, und wer nicht am Erklettern von Bergen gewöhnt ist, mufs sich auf die Berge von Menschen hinauftragen lassen. Neben diesen Gipfeln, die, wenigstens einen grofsen Theil des Jahres hindurch, mit Schnee bedeckt sind, was denn unter der Linie eine grofse Höhe anzeigt, hören nun die Berge plötzlich auf und ein Thal erstreckt sich quer hindurch von einem Meere zum andern. Ein schöner Flufs, der Rio Atrato, welcher gerade von Süd nach Nord her in den Golf von Darien, fast mitten zwischen Porto belo und Carthagena ausmündet und der weit hinauf schiffbar ist, kommt andern Flüssen, die sich in das Stille Meer ergiefsen, sehr nahe. Einer der Nebenflüsse des Atrato, der Naïpipi, welcher für Canots fahrbar ist, nähert sich sehr dem Hafen von Cupica am Stillen Meere, zwischen dem Cap Corrientes und dem Golf San Miguel. Von Cupica nach dem Einschiffungsplatz von Naïpipi sind nur 3 bis 4 Meilen und man hatte Herrn *von Humboldt* versichert, dafs das Land in dieser Richtung ganz eben sei. Am Ende des vorigen Jahrhunderts wurden der spanischen Regierung Vorschläge gemacht, den Handelsverkehr zwischen den beiden Meeren dorthin zu leiten. Cupica sollte ein anderes Suez werden. Aber ein Englischer Officier, der Capitain Cochrane, welcher 1824 den Atrato hinabschiffte, giebt Nachrichten, die Dem, was man Herrn *v. Humboldt* gesagt hatte, widersprechen. Nach ihnen wäre ein Canal von Atrato nach Cupica durch das Thal des Naïpipi unausführbar. Der Weg von einem Meere bis zum andern würde 33 bis 40 Meilen lang sein.

Höher hinauf, nahe bei Novità, läfst sich der Atrato mit dem San-Juanflufs, welcher sich bei Chiambarà in das Stille Meer ergiefst und schiffbar ist, leicht in Verbindung bringen. Herr *Cochrane*, welcher, wie er sagt, die

Gegend sorgfältig untersucht hat, schätzt auf noch nicht 100 Ruthen die Entfernung zwischen dem San-Juan-, oder vielmehr dem Taminafluſs, der sich in jenen ergieſst, vom Raspaduraflufs, der in den Atrato fliefst. Diese beiden Wasserläufe tragen noch Canote. Um sie zu verbinden, würden fast durchweg Felsen etwa 64 F. tief zu durchbrechen sein. Dies würde dann die beiden Meere verbinden. Nach einer Bemerkung, die sich einem interessanten Bericht des Herrn *Mercer* vom 2ten Mai 1839 an die Repräsentanten-Kammer der vereinigten Staaten angehängt findet, giebt es an beiden Enden dieser Verbindungslinie gute Häfen. An dem einen Meere befindet sich die Hauptmündung des Atrato, Barbacon genannt, in der Bai von Candelaria selbst, welche einen sichern und tiefen Ankerplatz darbietet, der bloſs noch dem Nordwinde ausgesetzt ist. An dem andern Meere finden die Schiffe in der Bai von Chiambará, in welcher sich der San-Juan-Flufs ergieſst, ebenfalls guten Schutz. Aber die Wasserstraſse in dieser Richtung ist 66 Meilen und mit den Krümmen der Flüsse 86 bis 93 Meilen lang; wenn nicht noch länger. Diese Zahlen sind entscheidend. Zwar würde man hier mit geringen Kosten zu einer Wasserstraſse gelangen, die während eines Theils des Jahres für leichte Barken schiffbar wäre: aber eine Wasserstraſse für groſse Seeschiffe und für jede Jahreszeit würde ein Riesenwerk sein; denn man müſste fast auf die ganze ungeheure Länge einen Canal graben.

Beschluſs. Was zunächst zu thun sei.

Die Erwägung der fünf verschiedenen möglichen Durchgänge durch die Landzunge giebt das Resultat, daſs an mehreren Stellen Verbindungen ausführbar sind, welche *örtlichen* Nutzen haben würden und die also zu fördern die dortigen Regierungen allen Anlaſs haben; aber die Durchgangspuncte für den *Welthandel,* um die Schiffahrt von der Ost- nach der Westküste des alten Festlandes oder von der einen nach der andern Küste von America abzukürzen, sind nicht zahlreich. Wird nicht etwa noch unvorhergesehen bei der Mandingabai oder, was weniger wahrscheinlich ist, bei Boca del Toro ein Durchgang gefunden, so kommen eigentlich *nur zwei Stellen* in Betracht: die am See Nicaragua, und die von Chagres nach Panama, oder nach der Bai von Chorrera. Diese beiden Durchgänge haben in *einer* Rücksicht Ähnlichkeit: nemlich daſs an beiden Stellen das Werk sehr kostbar sein würde. Für den Canal von Chagres nach Panama hat man von etwa 4 Millionen Thaler gesprochen. Man kann aber wohl, mit Rücksicht auf den nöthigen Hafenbau,

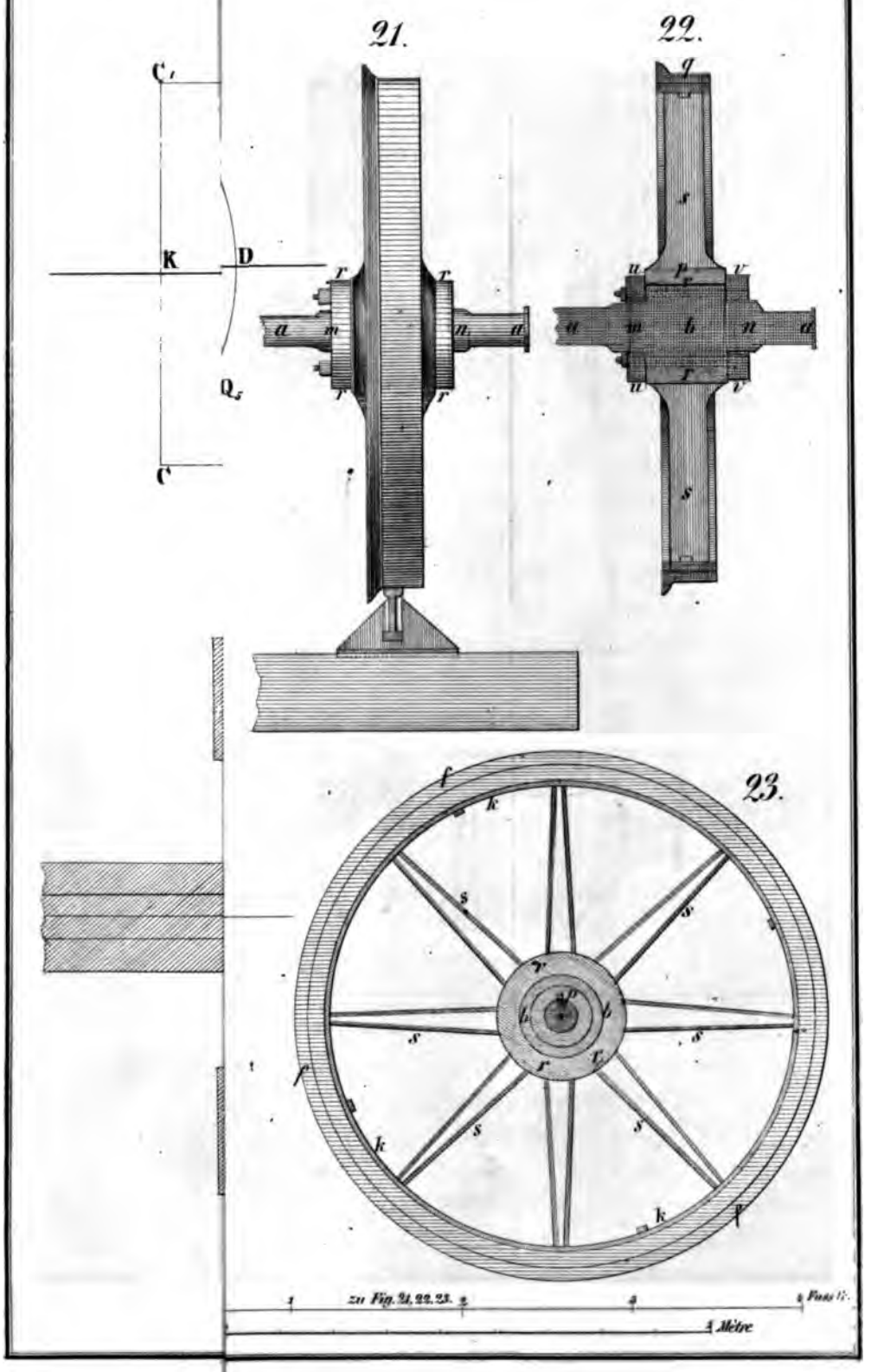
auf das ***Zehnfache*** rechnen, und Herr ***Stephens***, der von 28 bis 38 Millionen Thaler spricht, dürfte der Wahrheit näher gekommen sein. Sobald man einen Canal für grofse dreimastige Handelsschiffe, oder für die transatlantischen Paketboote verlangt, mufs man sich auf eine Ausgabe von wenigstens ***40 Millionen Thaler*** gefafst machen. Aber die Vereinigung der beiden Meere ist auch wohl 40, ja 50 Millionen Thaler und noch mehr werth. Und wenn die drei Staaten England, Frankreich und Nord-America sich zu dem Werke vereinigen [?], so ist dies eine Ausgabe, die, auf 5 oder 6 Jahre vertheilt, für sie kaum in Betracht kommt. Die hohen Kosten sind aber auch die ***einzige*** Ähnlichkeit der beiden Durchgangsstellen. Bei Panama ist die Durchgangslinie ***kurz,*** bei Nicaragua ***lang,*** während dort die Natur schon das meiste gethan hat. Bei Nicaragua ist das Clima durchweg ***gesund,*** das Land ist, wenigstens in der Durchgangslinie, ***stark bevölkert*** und liefert Lebensmittel im Überflufs. Bei Panama ist das Clima, wenigstens jetzt, höcht ***ungesund*** und man findet dort weder ***Arbeiter*** noch Lebensmittel für herbeigezogene Leute.

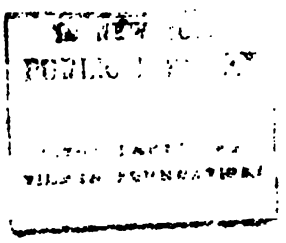
Bis jetzt wäre jede Wahl zwischen den beiden Durchgangsstellen sehr voreilig. Sie wird erst möglich sein, wenn man das Land genau und sorgfältig untersucht haben wird. In der Gegend von Panama befindet sich schon ein Ober-Berg-Ingenieur, Herr ***Napoleon Garella,*** mit einem Brücken- und Wege-Conducteur, welche die Französische Regierung dorthin gesendet hat. Das ist schon Etwas, aber nicht genug; selbst nicht für diese einzelnen Durchgangsstellen. Es müssen auch die Zugänge des Canals von dem Meere her, und was zur Verbesserung der Häfen nöthig ist, untersucht werden. Sodann ist weiter das Land bei Nicaragua zu durchforschen nöthig; so wie bei der Mandingabai. Von Boco del Torò nach dem Chiriquiflusse hinüber ist zwar für einen Durchgang wenig Hoffnung, aber diese Stelle ist sonst so bemerkenswerth, dafs auch sie erforscht werden müfste; jedenfalls müfste ermittelt werden, ob und inwiefern die Kohlenlager von St. David zu benutzen sein würden. Wenn man Sachverständige zu dieser Untersuchung absendet, würde man nicht übersehen dürfen, dafs Einzelne von den Krankheiten befallen werden können, welchen Jeder ausgesetzt ist, der sich in den Tropen der Sonne aussetzt; daher müssen der Beauftragten mehrere sein. Auch wird es gut sein, sie mit zahlreichen Gehülfen zu umgeben; denn sie finden dort Niemand, der mit dem Gebrauch auch der einfachsten Instrumente bekannt wäre, und sie dürfen nicht in die Verlegenheit kommen, von Andern abzuhangen. Jeder von Denen, welche auf dem festen Lande zu arbeiten haben, müfste eine Begleitung von

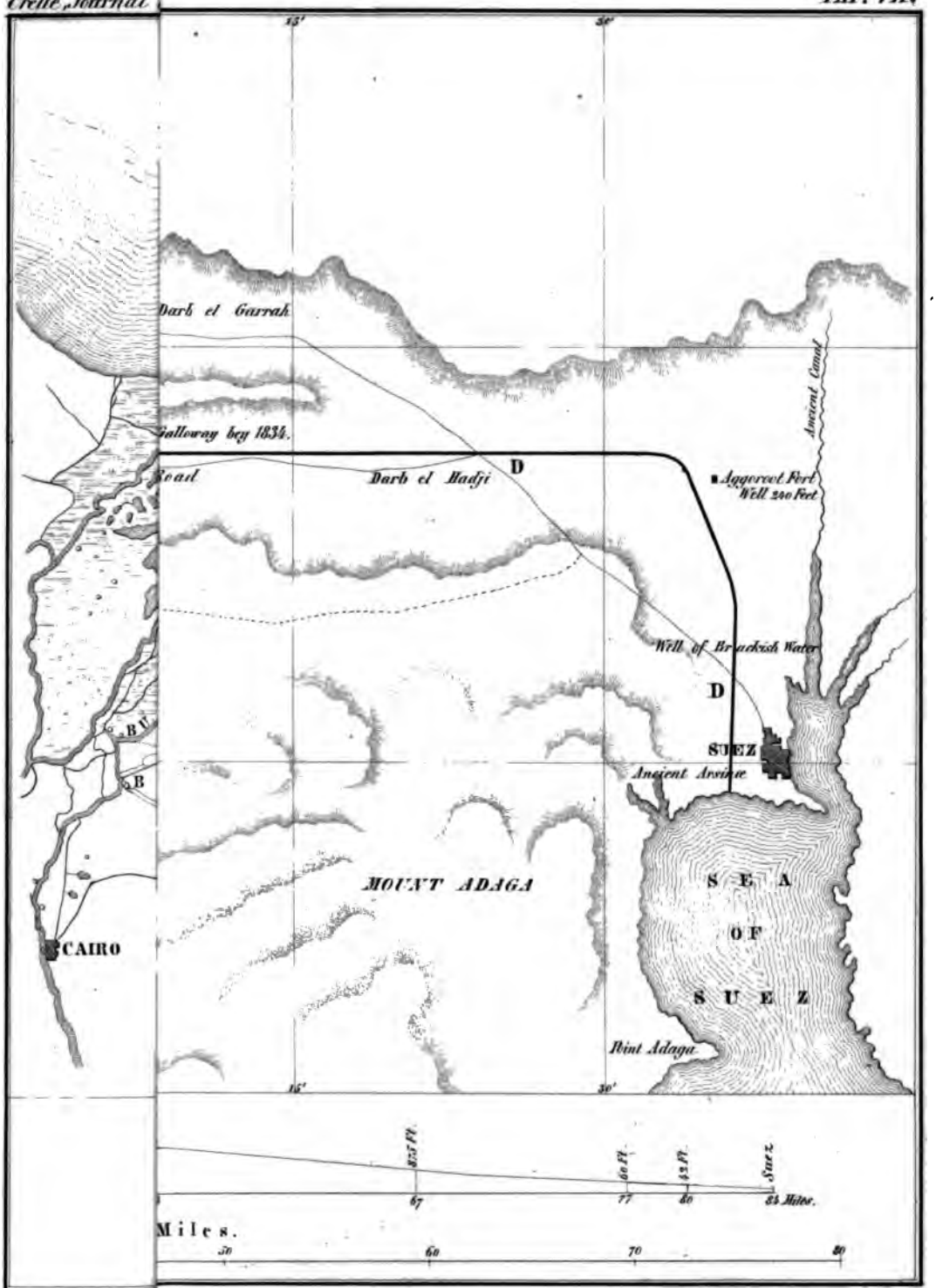
25 bis 30 Soldaten vom Genie-Corps erhalten, welche stark und schon in den Colonieen an dem Clima gewöhnt sind. Die Andern, welche die Häfen zu untersuchen haben, müfsten von ausgesuchten Matrosen begleitet werden. Die Matrosen und Geniesoldaten sind fleifsig und können jede nöthige Hülfe leisten. Diese Umgebung würde den Ingenieuren bei ihren Arbeiten von dem gröfsten Nutzen sein; sie würde ihnen auch zum Schutz dienen und sie bei den Einwohnern in diejenige Achtung setzen, welche Europäische Regierungen ihren Agenten hier mehr wie in andern Ländern zu verschaffen suchen müssen. Auch erfahrene Ärzte dürfen nicht fehlen, die dann zugleich die Regeln zur Erhaltung der Gesundheit der Europäischen Arbeiter zu ermitteln haben würden, für den Fall, dafs man deren dorthin senden müfste. Besonders für Chagres würde dies, wie wir gesehen haben, ganz unerläfslich sein.

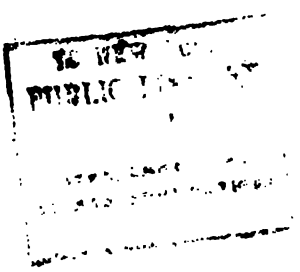
(Die Fortsetzung folgt.)

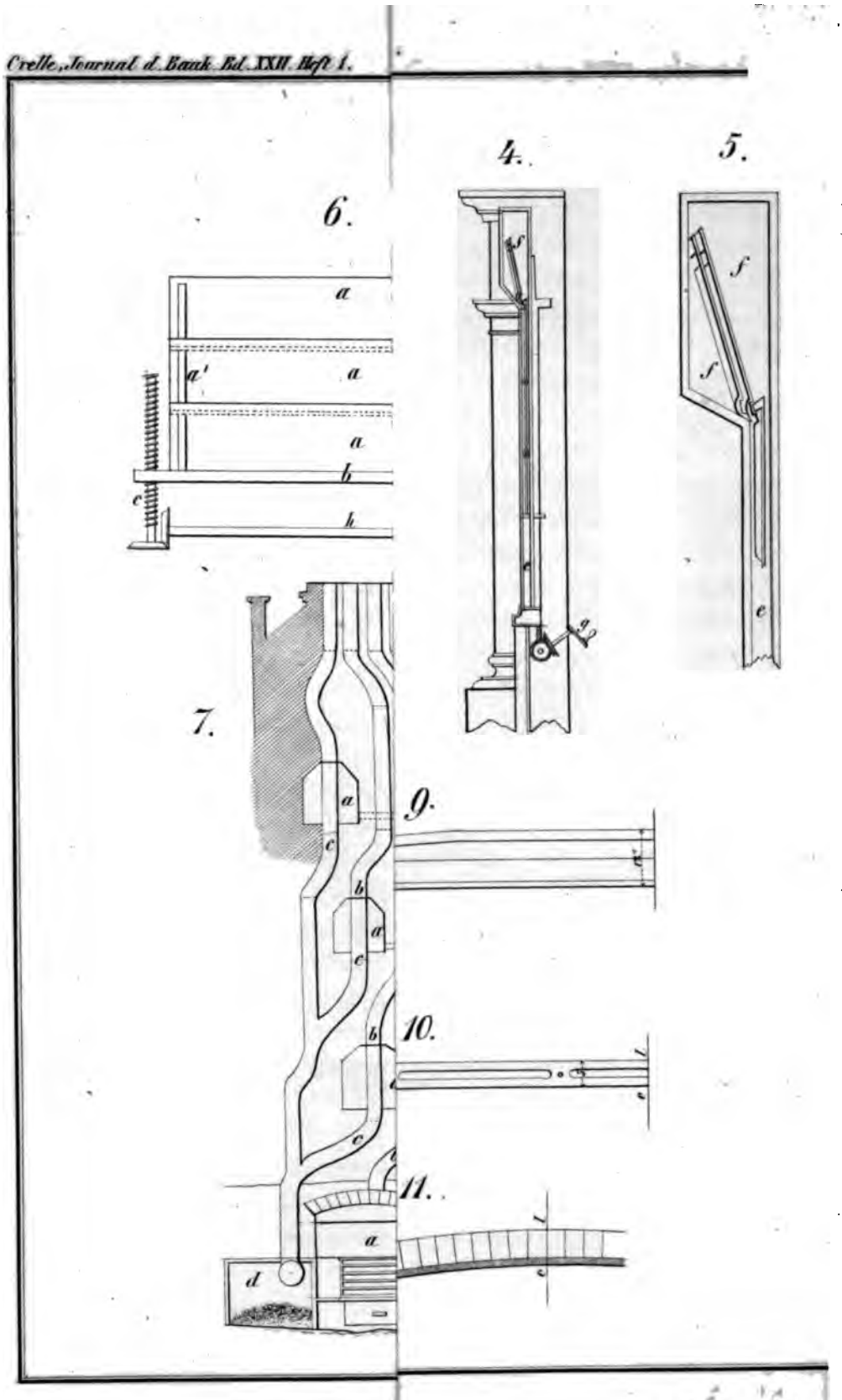
NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS

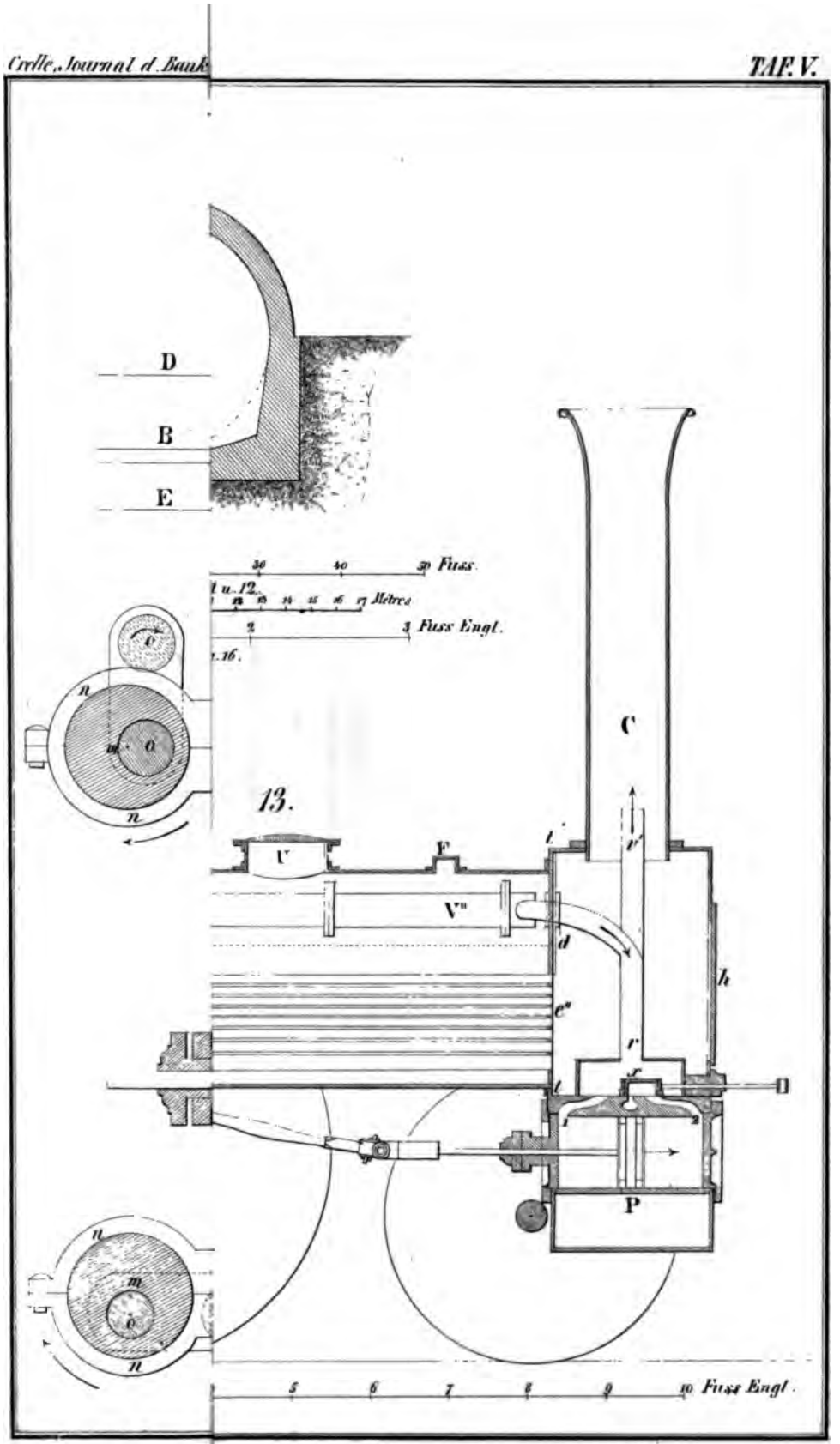

21.
22.
23.
C
K
D
Q
C
a
m
n
a
r
r
r
r
q
s
u
p
v
a
m
b
n
a
r
u
v
s
f
k
s
s
s
s
s
s
k
k
f
f
zu Fig. 21, 22, 23.
Fuss
Mètre

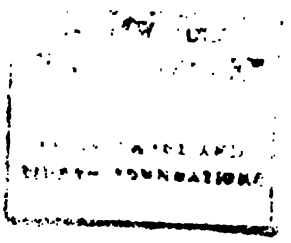


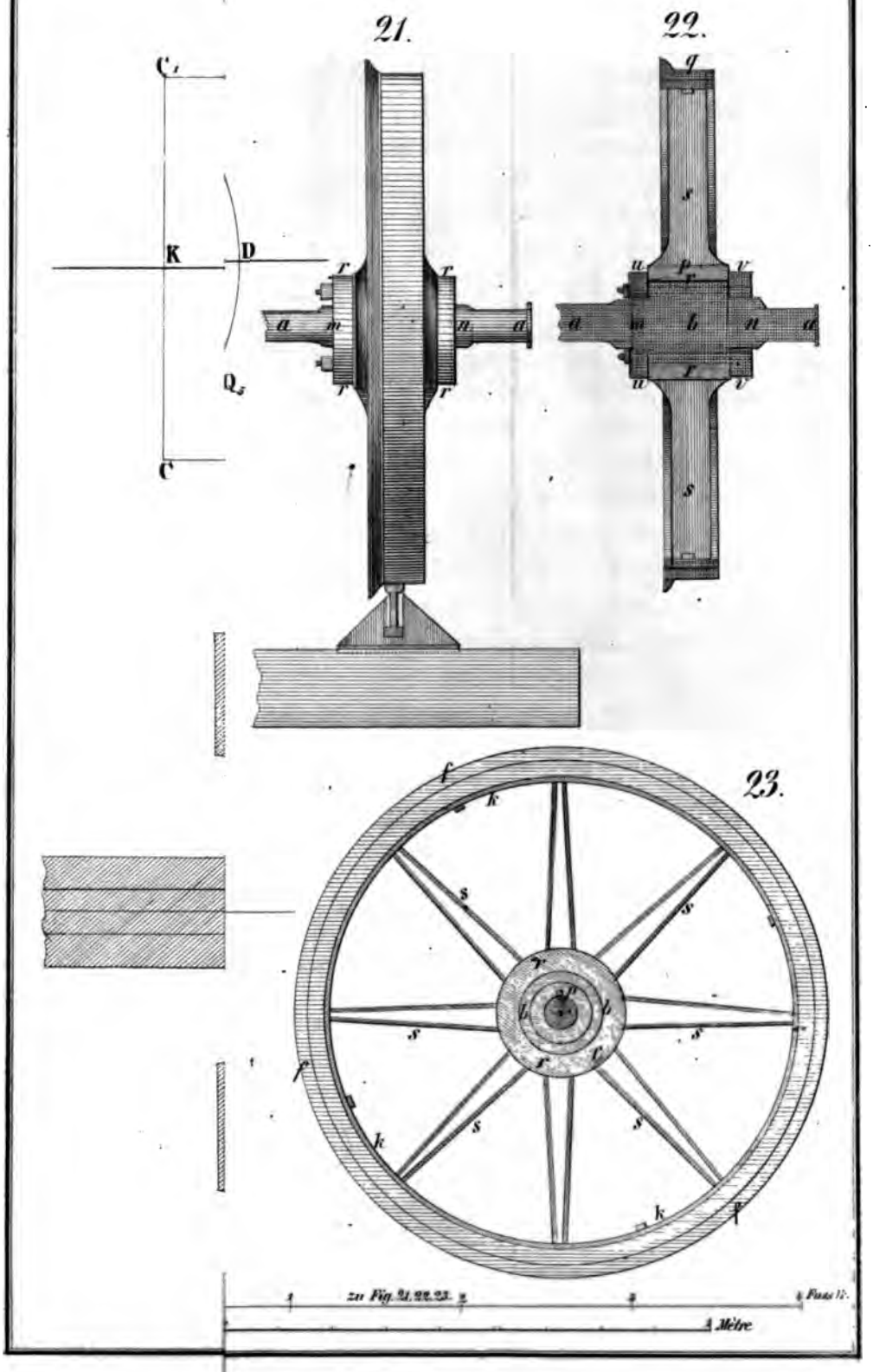

15'
30'
Darb el Garrah
Galloway bey 1834.
Road
Darb el Hadji
D
Aggercot Fort
Well 200 Feet
Ancient Canal
Well of Brackish Water
D
SUEZ
Ancient Arsinoe
B V
B
MOUNT ADAGA
S E A
O F
S U E Z
CAIRO
Point Adaga
15'
30'
825 Ft.
60 Ft.
42 Ft.
Suez
67
77
80
85 Miles.
Miles.
50
60
70
80

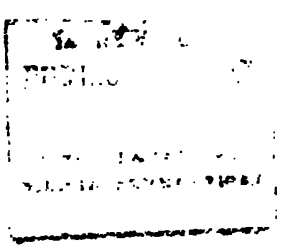


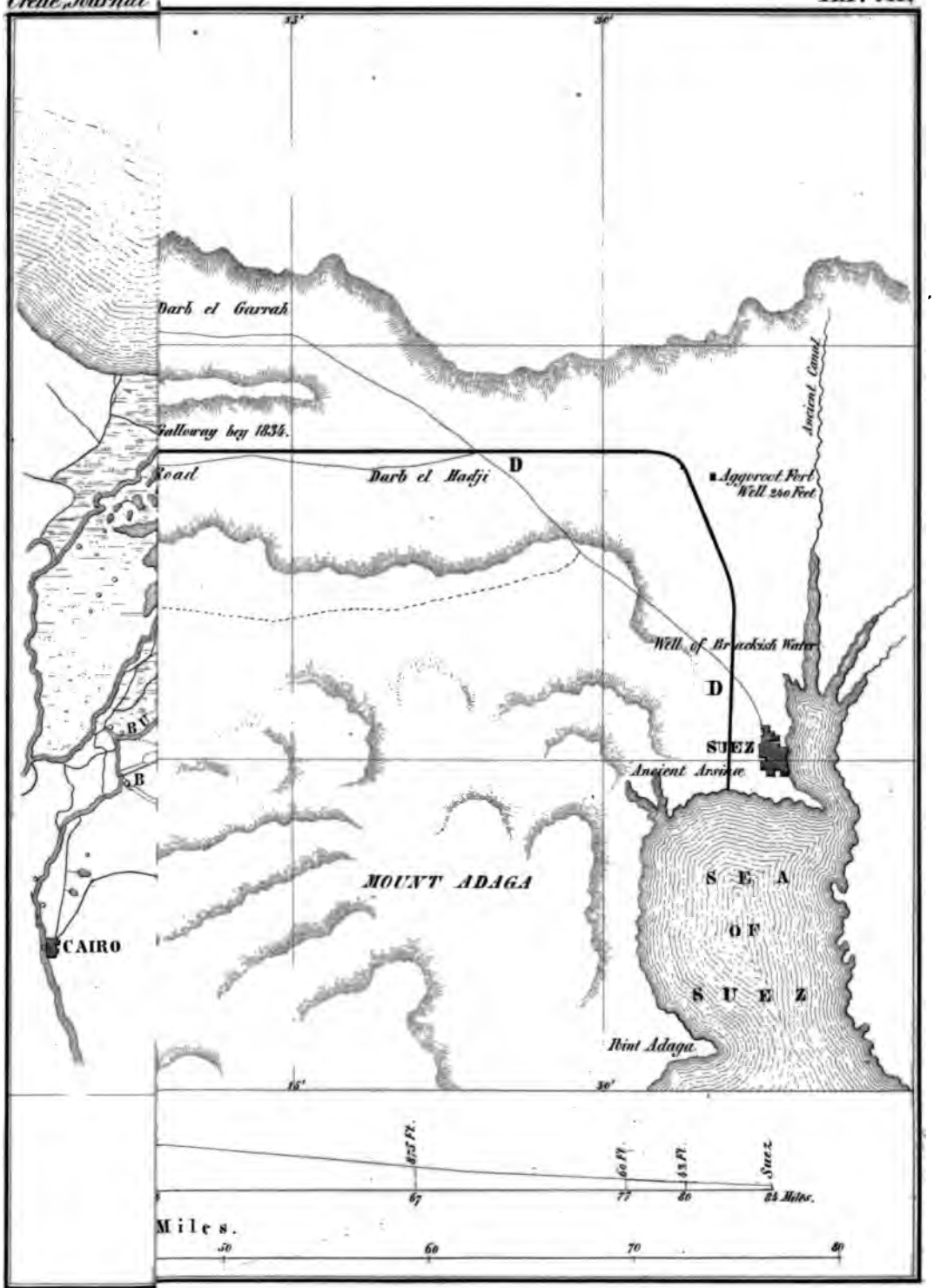

4.
5.
6.
7.
9.
10.
11.


D
B
E
30 40 50 Fuss.
1 u. 12.
12 13 14 15 16 17 Mètres
2 3 Fuss Engl.
1.16.
13.
C
U
F
V''
d
h
e''
r
P
5 6 7 8 9 10 Fuss Engl.

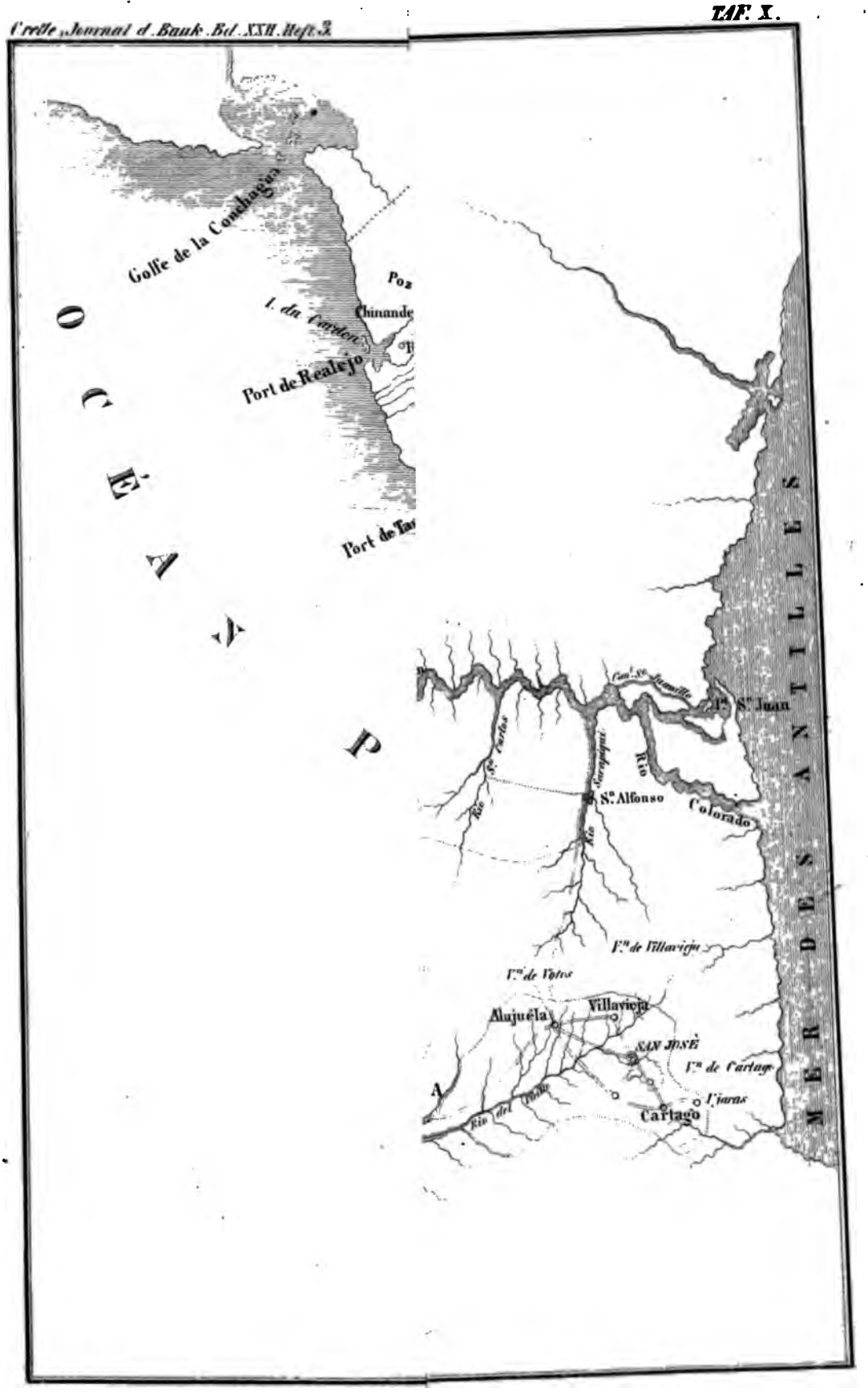
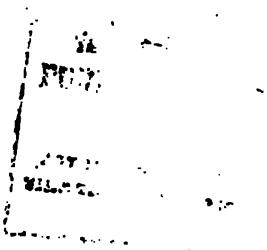
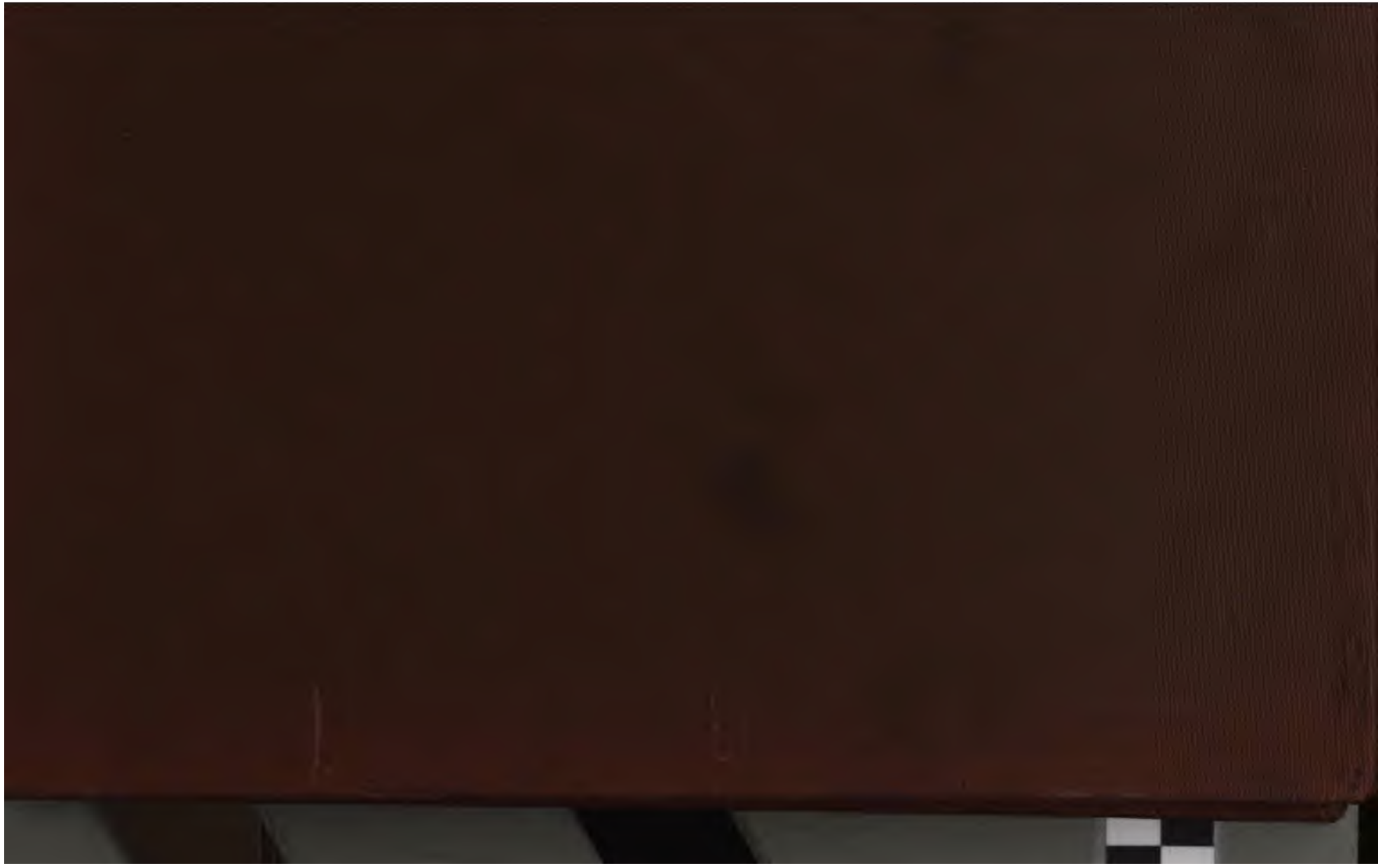



21.
22.
23.
C
K
D
Q
a
m
n
r
s
u
v
b
f
k
zu Fig. 21. 22. 23.
Fuss
Mètre




Darb el Garrah
Galloway bey 1834.
Road
Darb el Hadji
D
Aggercot Fort
Well 250 Feet
Ancient Canal
Well of Brackish Water
D
SUEZ
Ancient Arsinoe
B
B
CAIRO
MOUNT ADAGA
S E A
O F
S U E Z
Point Adaga
875 Ft.
60 Ft.
53 Ft.
Suez
67
77
80
84 Miles.
Miles.
50
60
70
80

TAF. X.


Golfe de la Conchagua
Poz
I. du Cardon
Chinande
Port de Realejo
Port de Ta
OCÉAN P
MER DES ANTILLES
Can.l S.t Juanillo
I.a S.t Juan
Rio S.t Carlos
Rio Sarapiqui
S.n Alfonso
Rio Colorado
V.n de Villavieja
V.n de Votos
Alajuela
Villavieja
SAN JOSÉ
V.n de Cartago
V.jaras
Cartago
Rio del Toro